universität innsbruck
Universitäts- und Landesbibliothek Tirol

Universitäts- und Landesbibliothek Tirol

Die Metallurgie

Gewinnung und Verarbeitung der Metalle und ihrer Legirungen, in praktischer und theoretischer, besonders chemischer Beziehung

Ausführliches Handbuch der Eisenhüttenkunde - Gewinnung des Roheisens und Darstellung des Schmiedeeisens und Stahls, in praktischer und theoretischer Beziehung, unter besonderer Berücksichtigung der englischen Verhältnisse ; in drei Abtheilungen

Percy, John

Braunschweig, 1864

Dritter Abschnitt. Die Rennarbeit oder die unmittelbare Gewinnung des schmiedbaren Eisens aus dem Erze

urn:nbn:at:at-ubi:2-5523

DRITTER ABSCHNITT.

DIE

RENNARBEIT

ODER DIE

UNMITTELBARE GEWINNUNG

DES

SCHMIEDBAREN EISENS

AUS

DEM ERZE.

Die Rennarbeit oder die unmittelbare Gewinnung des schmiedbaren Eisens aus dem Erze.

In den ältesten Zeiten wurde das Schmiedeisen und der Stahl stets unmittelbar aus Erzen dargestellt. Erst mit dem Anfang des funfzehnten Jahrhunderts begann man, wahrscheinlich zuerst im Siegener Lande, Roheisen zu erzeugen und dieses als Material für die mittelbare Darstellung des schmiedbaren Eisens zu verwenden. Nur langsam brach sich diese Methode Bahn und noch heutigen Tages giebt es in den civilisirten Staaten Europas einige Punkte, z. B. in Frankreich, Spanien und Italien, wo man die directe Methode oder die Rennarbeit, wie man sie zu nennen pflegt, beibehalten hat. In den Ländern Asiens, z. B. Indien, Borneo, und Afrikas, z. B. Madagaskar und dem Inneren dieses Continents, wo sich die Eisenindustrie im Volke selbst, ohne von Fremden eingeführt zu sein, entwickelte, ist noch fast ausnahmslos die Rennarbeit in Anwendung, aber auch in den Gegenden hat sich diese Arbeit der Eisengewinnung eingebürgert, welche erst in neuerer Zeit von Europa aus die Anregung zur Industrie überhaupt erhielten, so Nord-Amerika, woselbst z. B. in Vermont und New-Jersey in den Vereinigten Staaten die Rennarbeit noch heutigen Tages in Ausübung steht [1]). Während so im Allgemeinen die unmittelbare Darstellung des Roheisens stets einen niedrigeren Zustand der Entwicklung in der Eisenindustrie andeutet, hat man doch auch unter mehr ausgebildeten Verhältnissen bis zur Gegenwart versucht, den scheinbar schneller zum Ziele führenden Weg mit den vervollkommneten technischen und chemischen Hülfsmitteln von Neuem zu beschreiten, ausgehend von der Ansicht, dass es zweckmässiger sein müsse, die Reduction des Eisenoxyds der Erze allein zu bewirken, als erst dies reducirte Eisen mit Kohlenstoff zu sättigen und dann durch einen zweiten Process den Kohlenstoff wieder zu entfernen. Warum

---

[1]) Nach Americ. Polytechn. Journ. 1853. p. 433 waren im Jahre 1853 in New-York 200 dazu benutzte Oefen und Feuer, in den übrigen Staaten eben so viele in Betrieb. Seit jener Zeit hat die indirecte Methode auch hier immer mehr um sich gegriffen und jene verdrängt.

indessen alle diese Bemühungen mit wenigen nur für specielle Fälle anwendbaren Ausnahmen scheiterten, das wird sich aus der Betrachtung und Vergleichung der älteren und neueren Rennarbeiten ergeben, und daher hat dieser Abschnitt auch nicht nur den Zweck, Methoden zu schildern, die von Jahr zu Jahr mehr von der Erde verschwinden oder höchstens in bisher gänzlich uncivilisirten Ländern neu entstehen, und dadurch die historische Entwicklung der Eisenindustrie abzuspiegeln, sondern er hat auch den weiteren Zweck, vor vergeblichen Versuchen zur Rückkehr in derartige Zustände zu warnen und die Ursachen zu erläutern, warum die gegenwärtig in Europa allgemeine Methode der mittelbaren Schmiedeisendarstellung die richtige und für die Zukunft beizubehaltende ist.

Die älteren Rennarbeiten.

Die ältere Art der Darstellung des Schmiedeisens unmittelbar aus den Erzen erfordert nur sehr einfache Apparate, einen niedrigen Ofen oder einen Heerd und ein Gebläse. Obwohl das Verfahren in Oefen wie in Heerden sehr gleich ist, so liegen doch beiden Arbeiten etwas verschiedene chemische Principien zu Grunde. Es werden nur reine und reiche Erze benutzt und als Brennmaterial beinahe ohne Ausnahme Holzkohle. Das Product ist eine Masse von schmiedbarem Eisen, oft indessen nicht reines Schmiedeisen, sondern Stahl, oder eine Mischung von Schmiedeisen mit Stahl, ja mit Roheisen. Der erhaltene Eisenklumpen wird zu einem mehr oder weniger parallelopipedischen Stücke ausgehämmert und dieses, nachdem es zertheilt ist, zu Stäben ausgereckt. Man nennt ihn in dem Zustande, in welchem er aus dem Feuer kommt, Frischstück, auch kurzweg Stück, oder Wolf, wendet dafür indessen auch die ursprünglich nur für die auf mittelbarem Wege erzeugten Eisenstücke gebräuchlichen Namen Luppe oder Deul an. Im Englischen heisst er lump oder ball. Nach dem Hämmern wird der Wolf Kolben, englisch bloom genannt, ein Wort, welches von dem sächsischen Ausdruck bloma (Metall, Masse, Klumpen) abgeleitet ist. Die einzelnen Stücke, in welche der Kolben dann zerschroten wird, heissen Schürbeln oder Schirbeln, in manchen Gegenden auch Masseln, werden indessen auch oft als Kolben bezeichnet. Die Oefen, in welchen diese Arbeit ausgeführt wird, heissen demgemäss auch im Deutschen Stück- oder Wolfsöfen, im Englischen bloomeries [1]), während man die Heerde zwar im Englischen ebenso bezeichnet, aber im Deutschen nach der Benennung der Arbeit (des Rennens) Rennheerde oder auch wohl Luppenheerde nennt. Hinsichtlich der Grösse der Production kann man diese Methode nirgends mit der mittelbaren vergleichen.

[1]) Contributions to Literature, Historical, Antiquarian and Metrical. By Mark Antony Lower, M. A., F. S. A. London 1854, p. 117. Der Ausdruck bloma ferri kommt oft im Domesday vor.

I. Asien.

1. Eisenerzeugung in Indien [1]).

Die Hindus scheinen die Darstellung des Schmiedeisens aus Erzen seit undenklichen Zeiten ausgeführt zu haben, wenigstens lässt sich darauf aus den ungeheuren Schlackenhalden schliessen, die sich an verschiedenen Punkten Indiens finden; und trotzdem sind ihre Vorrichtungen so einfach und ihre Arbeiten hinsichtlich ihrer Ausdehnung so kleinlich, dass es fast scheint, als hätten sie im Laufe der Zeit gar keinen wesentlichen Fortschritt gemacht. Die Oefen sind oft nicht grösser als ein Blumentopf und Stunden angestrengtester Arbeit werden erfordert, um einige wenige Pfunde Eisen zu erzeugen; und dabei ist doch der Preis, zu welchem dies Metall verkauft wird, erstaunlich niedrig. Die Arbeiter gehören zu den untersten Kasten und ihre Beschäftigung wird als entehrend angesehen. Nichtsdestoweniger ist es ein tüchtiger und brauchbarer Menschenschlag, freilich ausserordentlich arm und kaum so viel verdienend, als nöthig ist, um Leib und Seele zusammenzuhalten.

Die Erze, welche benutzt werden, sind Magneteisenstein, und reiche, rothe und braune Glasköpfe. Nach Capitän Campbell soll bei den Konds in Goomsoor auch Eisenglanz verarbeitet werden [2]).

Brauneisenerze scheinen vorwiegend benutzt zu werden. Man zerschlägt sie zu erbsengrossen Stücken und siebt den hierbei fallenden Erzstaub sorgfältig ab, um ihn fortzuwerfen.

Was das Brennmaterial betrifft, so zieht man hartes Holz, wie Thekabaum (*teac*) und Acacie (*babool*, *Acacia Arabica*) für Holzkohle vor, nach Blanford liebt man am meisten ein Sâl (*Shorea robusta*) genanntes Holz, wenn man es haben kann. Hat man keins von diesen Hölzern, so giebt man sich auch mit irgend einer anderen Art zufrieden und benutzt sogar an einzelnen Orten Bambus. Die erzeugte Holzkohle zerbricht man in wallnussgrosse Stücke und siebt den Staub gut ab.

Der Schmelzprocess variirt etwas in den verschiedenen Districten, theils wohl nach localen Gewohnheiten, theils in Folge der Fortschritte, die da, wo die Bevölkerung am dichtesten ist, gemacht worden sind.

---

[1]) Unter den zahlreichen Quellen zu dem Folgenden sind hervorzuheben theils die Werke: Dalrymple's Oriental Repertory 1808. 2. p. 488, veröffentlicht von der einstigen Ostindischen Compagnie, und A Journey from Madras through the Countries of Mysore, Canara und Malabar, von Francis Buchanan, M. D. 1807, 1. p. 171, theils die Mittheilungen des Herrn Howard Blackwell, welcher als Staatsgeognost die Eisen- und Kohlenschätze Indiens untersuchte, zugleich der Autor des Report of the Examination of the Mineral Districts of the Nerbudda Valley, gedruckt als Nr. 144, New Series of Selections from the Records of the Bombay Government, und jetzt Director der Kohlengruben in dem genannten Thale ist. — [2]) Calcutta Journ. of Nat. Hist., aus Appendix to the Report of the Government Central Museum of Madras 1856. p. 12.

Die Oefen lassen sich in drei Arten theilen, deren erste an der Westküste Indiens angewendet wird, in den westlichen Ghâts und meist auch im Deccan und Carnatien und welche die roheste Ofenform darstellt. Sie findet ihre Anwendung eben zwischen den am wenigsten civilisirten Districten unter den das Hügelland bewohnenden Volksstämmen. Die zweite und dritte Art wird in Mittel-Indien und in den nordwestlichen Provinzen angewendet, erstere gleicht der einfachsten Form der Catalonischen Feuer, letztere der der Stücköfen Europas; beide sind weit vollkommener als die Oefen der Westküste, namentlich auch in Bezug auf ihre Productionsfähigkeit.

Als Gebläse dienen Balgen von ganz anderem Aussehen, als dem für einen Europäer gewohnten. Die Balgen bestehen nämlich meistentheils aus der Haut eines Böckleins oder einer Ziege, welche dem Thiere abgezogen worden ist, nachdem nur der hintere Theil aufgeschnitten war; die den Beinen entsprechenden Oeffnungen werden zugenäht, in die Halsöffnung dagegen wird eine Düse aus Bambus eingesetzt, während das Schwanzende quer abgeschnitten ist, um, nachdem die Kanten zusammengefasst sind, einen langen geraden Schlitz zum Einlassen der Luft zu bilden. An den beiden Rändern dieses Schlitzes, obwohl nicht in ihrer ganzen Länge, sind nach Aussen zu Stücke gespaltenen Bambusrohres befestigt, vermöge deren die Oeffnung sich leicht erweitern oder schliessen lässt und die Wirkung eines Ventils erhält. Die Haut muss durch Einreiben mit Oel oder Buttermilch sehr geschmeidig gemacht werden. Jeder Ofen erhält wenigstens zwei solcher Bälge, die von Einem Manne bewegt werden. Dieser letztere sitzt mit gekreuzten Beinen auf der Erde zwischen jenen und bearbeitet sie abwechselnd, um so einen ununterbrochenen und regelmässigen Windstrom zu erzielen. Das Verfahren ist folgendes: Um einen Balg zu füllen, lässt er den unteren Rand des Schlitzes herabsinken und hebt den oberen vermittelst eines um seine Hand geschlungenen Lederriemens. Dann, nachdem die Luft den Balg vollständig erfüllt und ihm die Form eines konischen Sacks gegeben hat, fasst er schnell den unteren Rand, schliesst das Ventil und wirft sich mit seiner ganzen Wucht auf den aufgeblasenen Balg, wodurch er die darin enthaltene Luft zum Austritt aus der Düse und zum Eintritt in den Ofen zwingt. Grosse derartige Balgen werden aus Büffelhaut gefertigt; sie unterscheiden sich dann nur dadurch von den beschriebenen, dass die Bambusstreifen an einem Ende des als Ventil dienenden Schlitzes gleichsam zu einem Charnier zusammengeheftet werden und sich nur an der anderen Seite, wo sie über die Breite der Haut hinaus als Handhaben verlängert sind, öffnen lassen. Ein solcher Balg erfordert indessen für sich allein einen Mann zur Bedienung.

Eine andere Art Balgen wird auf folgende Weise angefertigt: Das offene Ende des Felles wird in der Weise zusammengefasst, dass die Kante der einen Seite lappenartig etwa 4 Zoll über die andere greift. Die obere und untere Ecke wird zusammengenäht, so dass nur ein Schlitz

von etwa 9 Zoll offen bleibt. Wird nun der Balg mit Luft gefüllt und zusammengedrückt, so legt sich der innere überstehende Lappen dicht gegen den äusseren und verhindert hier den Austritt des Windes. Jeder Balg wird von einem Manne bedient, welcher ihn in seinen Schooss nimmt und mit seinem rechten Elbogen und Unterarm zusammenpresst, während er zugleich seine Arbeit unterstützt durch das Ergreifen einer ledernen Handhabe, die an der Stelle, wo das Thier einst seinen Schwanz hatte, befestigt ist. Damit sich der Balg leicht wieder füllen lasse, ist ein Stück Strick, welcher um einen etwa einen Fuss hinter des Arbeiters Elbogen in die Erde getriebenen Pflock geschlungen ist und die Haut stets zu ihrer ganzen Länge ausgespannt erhält, an der unteren Ecke des Hintertheils befestigt und ausserdem eine Lederschlinge an dem äusseren übergreifenden Lappen angebracht, durch welche der Arm des Mannes geht, so dass dieser durch ein Heben des Ellbogens das Ventil öffnen kann. Da der Balg durch seine Befestigung an der Düse und an dem beschriebenen Pflocke in einer Richtung ausgespannt ist, so hat der Arbeiter nur an der ledernen Handhabe die Haut in die Höhe zu ziehen, wobei sie im Querschnitt eine dreieckige Form zeigt, und zugleich mit seinem Ellbogen das Ventil zu öffnen, um der Luft freien Eintritt zu gestatten. Jetzt wird die Haut wieder zusammengequetscht, indem die Hand vorwärts, gegen den Befestigungsstrick presst, wodurch das Ventil sehr vollständig und gut geschlossen und dem Winde beinahe jeder Ausgang hierdurch verwehrt wird. Da man mit zwei Balgen arbeitet, die in dieselbe Düse münden, so wird beim Zusammendrücken des einen stets eine gewisse Menge Wind auch in den zum Ansaugen der Luft geöffneten anderen geblasen, ein Mangel, welcher sich leicht durch ein kleines Ventil hätte beseitigen lassen [1]).

In Orissa und einigen anderen Orten Bengalens sind Gebläse von sehr verschiedener und weit sinnreicherer Construction in Gebrauch, welche weiter unten beschrieben werden sollen. Auch finden sich im Indischen Museum zu London kleine einfachwirkende Gebläsecylinder aus Holz, deren Kolben mit Federn gelidert ist. Man wird sehen, dass derartige Vorrichtungen besonders in Borneo, und in noch vollkommneren Einrichtungen, nämlich doppeltwirkend, in China in Gebrauch sind. Schliesslich befinden sich in dem genannten Museum auch sehr sinnreich ganz aus Blättern construirte Gebläsevorrichtungen.

Das Gezähe [2]) ist ziemlich dasselbe bei allen Indischen Oefen. Der Amboss besteht aus Schmiedeisen, ist sehr klein, quadratisch und ohne das Horn (*beak*) unserer Ambösse, statt dessen ein besonderes Werkzeug

---

[1]) On the Manufacture of Bar-Iron in Southern India. By Capt. H. Campbell. Appendix to the Report on the Government Central Museum, Madras. Madras, 1856, p. 13. Aus dem Calcutta Journal of Natural History. — [2]) So nennt man das gesammte Arbeitszeug, die Werkzeuge (engl. tools), welche bei einem hüttenmännischen Betrieb in Anwendung kommen.

angewendet werden muss. Die Hämmer, Zangen etc. unterscheiden sich nicht wesentlich von den in Europa gebrauchten.

Erste Ofenart. Die Oefen der ersten Art variiren etwas in Grösse und Form, aber das Grundprincip ihrer Construction und die Arbeitsmethode sind bei allen gleich. In seiner einfachsten Form (unter den Hügelbewohnern der Ghâts) ist ein solcher Ofen nur zwei Fuss hoch und giebt $4^1/_2$ bis $5^1/_2$ Pfund Eisen pro Charge, während er in mehr entwickelter Gestalt (im Deccan) oft 4 Fuss Höhe erreicht und gegen 30 Pfund Eisen pro Charge producirt. Sein horizontaler Querschnitt ist kreisrund. Der Durchmesser am Boden oder im Heerde schwankt zwischen 10 und 15 Zoll, und an der Gicht zwischen 6 und 12 Zoll. Er wird ganz und gar von sorgsam gebranntem Thon gebaut. Bei dem Gebrauch wird der untere Theil schnell abgenutzt und muss beständig mit frischem Thon ausgesetzt werden. Der Boden des Ofens hat zwei Oeffnungen, durch deren eine der Wind einströmt, durch deren andere die erzeugte Schlacke und das Eisen entfernt werden. Nach Blanford wird dagegen bei den meisten Oefen (wenigstens bei allen, die er in Bengalen und Carnatien gesehen) die Schlacke zwar durch eine besondere Oeffnung abgelassen, das Eisen aber durch dieselbe herausgeholt, durch welche vorher der Wind eingeführt wurde.

Die Schmelzoperation wird folgendermaassen ausgeführt: Ist der Ofen neu gebaut, so wird er sorgfältig durch ein darin einige Stunden lang unterhaltenes Feuer getrocknet. Zwei thönerne Röhren oder Formen von etwa 12 Zoll Länge und 1 Zoll lichtem Durchmesser werden neben einander in die Oeffnung an der Vorderseite des Ofens gelegt, so dass sie 2 bis 3 Zoll in das Innere desselben hineinragen und etwa 3 bis 4 Zoll vom Boden abstehen. Mit jeder dieser Formen wird ein Balg verbunden. Der übrigbleibende Theil der Oeffnung wird dann mit Thon verschmiert und die zweite Oeffnung auf dieselbe Weise geschlossen. Hierauf wird der Ofen fast halb voll Holzkohle geschüttet und nachdem darauf Feuer geworfen, bis zur Gicht mit demselben Brennmaterial gefüllt. Jetzt lässt man das Gebläse an. Die Schmelzer legen grosses Gewicht auf das Feuerfangen in einer bestimmten Höhe oberhalb der Formen, damit bei seinem langsamen und allmäligem Niedergang eine kleine Menge Holzkohlen auf dem Boden des Ofens unverbrannt bis beinahe zum Ende der Operation verbleibe.

Sobald man ein Nachsinken der Holzkohle an der Gicht des Ofens bemerkt, werden abwechselnde Chargen von Erz und Holzkohle aufgegeben, bis die hinlängliche Menge Erz verbraucht ist, worauf das Gebläse so viel wie möglich verstärkt und bis zum Schluss der Operation so erhalten wird. Bald erscheint Schlacke im Heerd, und wenn diese bis zu den Formen steigt, so wird sie abgestochen, indem ein kleiner Stab durch die betreffende, bis dahin verschmierte Oeffnung gestossen wird. Uebrigens aber bleibt der grösste Theil der Schlacke im Ofen zurück und wird erst schliesslich mit dem Eisen entfernt. Nach 4 bis 6 Stunden ist

eine Charge vollendet und nun wird die kleine Menge erzeugten Schmiedeisens sammt Schlacke und unverbrannter Holzkohle herausgezogen, nachdem zu diesem Zweck ein Theil der Ofenwand ausgebrochen worden ist. War die Operation gut geführt worden, so ist das Eisen heiss genug, um sofort in einen recht gesunden Kolben gehämmert werden zu können, wobei eine dicke, zähe Schlacke ausgepresst wird, aber zuweilen ist es zu kalt für diese Arbeit und dann muss es nochmals erhitzt werden, was in einem offenen Holzkohlenfeuer geschieht.

Da beim Ende jeder Charge ein grosser Theil der Ofenwand fortgenommen werden muss, um das Eisen herausholen zu können, so wird hierbei viel Zeit verloren und durch die Abkühlung des Ofens viel Brennmaterial verschwendet. Daher kommt es, dass gewöhnlich in einem Ofen täglich nicht mehr als zwei oder drei Chargen gemacht werden können.

In den Districten, wo diese Ofenart betrieben wird, ist gewöhnlich an Arbeitstheilung nicht zu denken. Es sammelt vielmehr dieselbe Familie das Erz, brennt die Holzkohle und macht das Eisen, welches sie nachher auch in solche Artikel verarbeitet, als die Dorfbewohner verlangen. Oft ziehen die Schmelzer im Lande umher, von Dorf zu Dorf, und setzen da ihren Ofen auf, wo sich ein Begehr nach Eisen findet, während gleichzeitig Erz und Holzkohle in hinreichender Menge zu erlangen ist.

Als ein besonderes Beispiel für den Betrieb eines Ofens dieser Art, versehen mit einem eigenthümlichen Gebläse, auf welches schon weiter oben verwiesen wurde, möge hier die Beschreibung eines früheren Schülers des Verfassers, M. T. Blanford, jetzt bei der geologischen Staatsbehörde von Indien angestellt, Platz finden, welche das Eisenschmelzen in Orissa, einem Orte Nieder-Bengalens, behandelt:

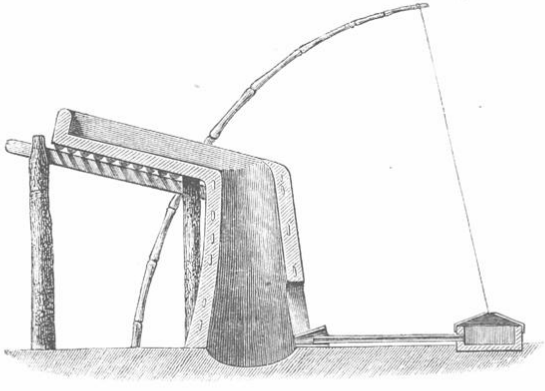
Die Form des Ofens, welche die nachfolgenden Figuren 15 bis 21 (S. 494 bis 496) darstellen, ist die bei den Mehals in Orissa gebräuchliche, kann indessen mit geringen Modificationen als typische für die allgemein von den Eingeborenen Nieder-Bengalens angewendete betrachtet werden. Der Ofen, von dem die Skizzen genommen wurden, befand sich im Dorfe Kunkerai [1]), welches wie alle solche Dörfer in diesem Theile Bengalens, ausschliesslich von Eisenhüttenleuten bewohnt wird und sich von den ackerbautreibenden Dorfschaften der Umgegend durch Schmutz, Armuth und Elend der Bewohner unterscheidet. Die Eisenhüttenleute von Orissa und wie es scheint von ganz Bengalen bilden eine von den Ackerbauern verschiedene Classe, welche in der That zu jenen Stämmen der ursprünglichen Landesbewohner gehört, die sich unter verschiedenen Namen in allen hügligen Gegenden der Halbinsel finden und von unseren Ethnologen als die entarteten Ueberbleibsel der ursprünglichen Tamul-Race betrachtet werden. In Orissa giebt es mehrere solche Stämme von verschiedenen Bildungsgraden, die Eisenschmelzer von Talcheer und den

[1]) Vergl. Mem. Geol. Surrey, India, Part. I, p. 60, 65 etc.

benachbarten Districten aber gehören zu dem ausgebreiteten Stamme der Kols, Coles oder Kulis. Sie sind noch jetzt in gewissem Maasse Nomaden, da sie an einem Orte nur so lange bleiben, als in der Nachbarschaft genug Erz und Holz vorhanden ist. Beginnt dies zu fehlen oder ereignet sich etwas, was diesen abergläubischen Gemeinden als böses Omen erscheint, wie dies oft vorkommt, so siedeln sie sich und ihre Habe an einen günstigeren Platz um und arbeiten wie zuvor weiter. Die heftigen Regengüsse und die aufschiessenden Binsen verwischen bald die Spuren des verlassenen Dorfes bis auf die grossen Schlackenhalden, welche für Jahrhunderte als Denkmäler einer auf niederer Stufe stehen gebliebenen Kunst ausharren. Solche Schlackenhaufen finden sich oft in binsenreichen Districten, wo seit Menschengedenken keine Eisenindustrie getrieben worden ist.

In dem durch die Skizzen veranschaulichten Ofen sind die einzigen wesentlichen, d. h. allen Oefen zu Orissa eigenen Theile der cylindrische Schacht und das Gebläse. Der geneigte thönerne Trog zum Aufgeben des Materials mit seinen Stützen von Holz und Bambus findet sich nur in wenigen anderen Dörfern wieder. Der Ofen selbst zeigt die roheste Bauart. Er wird aus einem sehr eisenschüssigen Sandboden der Gegend hergestellt, welcher angefeuchtet, durchgeknetet und gewöhnlich durch eine Art Skelett von Latten aus einem biegsamen Holz unterstützt wird, wie dies aus den Durchschnitten Fig. 15 und 17 und der Ansicht Fig. 16 ersichtlich ist. Die Form schwankt zwischen der eines mehr oder weniger

Fig. 15.

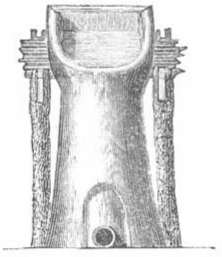


Verticaler Durchschnitt durch die Mitte eines Balges.

kreisrunden Cylinders bis zu der eines ziemlich spitzen Kegels. Die Wände sind entweder gleichförmig stark (etwa 3 Zoll) oder unten etwas stärker. Die Höhe beträgt im Allgemeinen 3 Fuss, der mittlere innere Durchmesser etwa 1 Fuss, indessen wechseln alle diese Dimensionen je nach der Kenntniss des Arbeiters oder wohl noch wahrscheinlicher nach

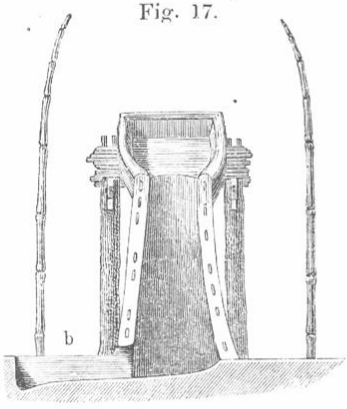
der jedesmaligen örtlich hergebrachten Gewohnheit. Am unteren Theil des Ofens befinden sich zwei Oeffnungen, eine vorn, etwa 1 Fuss hoch

Fig. 16.



Vorderansicht.

Fig. 17.



Verticaler Durchschnitt nach *a b*, Fig. 19.

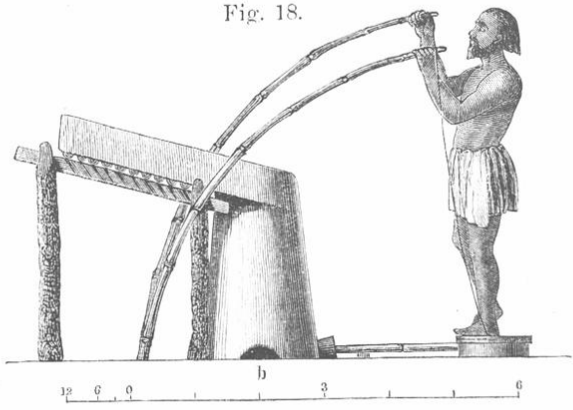
und etwas geringer in Weite als der innere Ofenraum, durch welche, wenn das Schmelzen einer Charge vollendet ist, die erzeugte Masse schwammigen Eisens herausgezogen wird, und welche während des Schmelzens wohl verschmiert ist, nachdem die kleine konische Form am Boden derselben eingesetzt worden war. Diese Form ist gewöhnlich aus demselben Material wie der Ofen angefertigt, nämlich aus rothem thonigem Sand, welcher mit Hand in die erforderliche Gestalt gebracht ist, während zuweilen gar keine andere Form angewendet wird, als ein Klumpen feuchten Thones, mit einem Loche darin, in welches die Bambusdüsen, die mit den Balgen verbunden sind, gesteckt werden [1]). Die zweite Oeffnung ist kleiner und an einer Seite, rechtwinklig gegen die erste angebracht, grösstentheils unter der Oberfläche des Erdbodens, so dass sie eine Verbindung zwischen dem inneren Ofenboden und einem kleinen Graben bildet, in welchen die Schlacke fliesst, wie man in Fig. 17, 18 und 19 (a. f. S.) (*b*) bemerkt. Die Schlacke sickert stetig durch einen kleinen Haufen Holzkohle hindurch, da die Ofensohle etwas gegen diese Oeffnung geneigt ist, und erstarrt ausserhalb des Ofens zu blasigen Kuchen, welche gelegentlich von dem Arbeiter mit einer Zange entfernt werden.

Der geneigte Trog auf der Rückseite des Ofens wird, wie bereits oben bemerkt, nur sehr local angewendet. Er ist aus demselben Material wie der Ofen hergestellt, welches in die passende Form geknetet und durch eine Lage von Bambuslatten auf einem hölzernen Rahmwerk unterstützt wird. Er dient zum Aufhäufen eines Kohlenvorrathes, welcher nach Bedarf in den Ofen gebracht wird.

[1]) Vergl. p. 16 des Report on Coal and Iron of Cuttack.

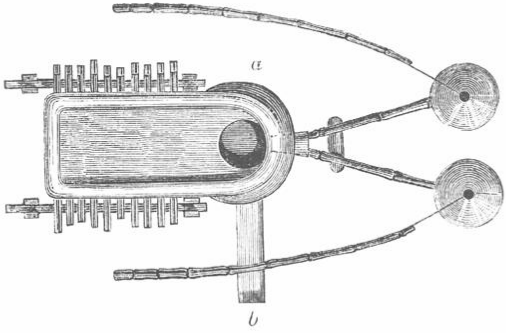
Das in Orissa angewendete Gebläse ist sehr sinnreich und vielleicht ökonomischer für menschliche Arbeit, als irgend eine andere Form von

Fig. 18.



Seitenansicht.

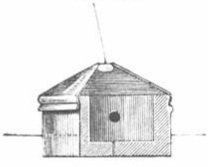
Fig. 19.



Obere Ansicht.

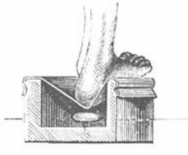
Handbalgen. Die Figuren 20 und 21 zeigen Durchschnitte davon, erstere in dem Zustande, wo das Gefäss mit Luft gefüllt, letztere, wo die Luft

Fig. 20.



Durchschnitt eines aufgeblasenen Balges.

Fig. 21.



Durchschnitt eines ausgepressten Balges.

ausgepresst ist. Es besteht aus einem kreisförmigen Stück von hartem Holz, meist Mango-Holz, welches roh ausgehöhlt und mit einem Stück Büffelhaut überzogen ist, in deren Mitte sich ein kleines Loch befindet. Durch dieses Loch ist ein starker Strick gezogen, welcher an der Innen-

seite des Balges mit einem Holzknebel versehen ist, um sein Herausgleiten zu verhindern, während das andere Ende an eine gebogene, fest im Boden neben dem Ofen befestigte Bambusstange gebunden ist. Dies Bambusrohr wirkt als Feder und zieht den Strick und folglich die Hautbedeckung des Balges so hoch als möglich, während die Luft neben dem Stricke durch das Loch in den Hohlraum tritt. Ist der Balg so gefüllt, so stellt der Arbeiter seinen Fuss auf die Haut, schliesst dabei mit der Ferse das Loch in deren Mitte und presst mit dem ganzen Gewicht seines Körpers die Haut hinab und die Luft hinaus. Letztere nimmt ihren Weg durch ein Bambusrohr, welches den Balg mit der Form des Ofens in Verbindung setzt. Zugleich zieht er den Bambusstock an derselben Seite mit dem Arme nieder. Es sind nun zwei derartige Balge neben einander aufgestellt, welche, vermittelst Bambusröhren mit derselben Form in Verbindung gesetzt, die Luft beim Drucke des einen oder des anderen Fusses abwechselnd und ziemlich ununterbrochen in den Ofen liefern [1]).

Die nebenstehenden Skizzen, obwohl hinsichtlich der Sauberkeit der Ausführung idealisirt, geben doch die richtigen und genauen am Original abgenommenen Maasse. Der Eingeborene sieht freilich viel zu verständig und reinlich für einen wirklichen Kuli aus.

Zweite Ofenart. Die zweite Ofenart wird in Central-Indien und in den nordwestlichen Provinzen benutzt, wo Industrie aller Art weit höher entwickelt als in den vorher beschriebenen Districten ist.

Hier haben sich die Eisenhüttenleute in Dörfer vereinigt, deren Lage sich natürlich nach dem Vorkommen von Erz und einem für die Kohlenerzeugung geeigneten Holze richtet. In den grösseren Dörfern findet man meist eine durchgeführte Arbeitstheilung; Bergleute, Köhler, Schmelzer und Schmiede bilden verschiedene Classen. Das Eisen wird nicht selten zum Verkauf in beträchtliche Entfernungen von dem Erzeugungsorte gesendet.

Die Beschreibung von dieser zweiten sowohl als von der dritten Ofenart sind nach Beispielen aus Tendukera gegeben, welches wahrscheinlich die grösste Eisenhüttenstadt Indiens ist und 50 bis 60 Schmelzöfen umfasst.

Die zweite Ofenart nun besteht in einem Wall von gut gebranntem Thon, in welchem sich eine oder mehrere (bis drei), in passenden Entfernungen von einander angelegte, cylindrische Schächte befinden, jeder etwa 15 bis 18 Zoll im Durchmesser, $2^1/_2$ Fuss tief, am Boden mit zwei Oeffnungen an gegenüberliegenden Seiten versehen.

Die Art wie Erz und Kohle vorbereitet und der Ofen in Betrieb gesetzt wird, weicht von der oben beschriebenen nicht ab. Ist der Ofen mit Holzkohle gefüllt und das Gebläse angelassen, so wird Erz und

---

[1]) Dieser Gebläseapparat war auch von Robert Rose in the Gleanings of Science Nr. 34, October 1831, Calcutta, abgebildet und zu Amdeah bei Sambhalpúr beobachtet worden.

Brennmaterial abwechselnd gesetzt. Hat sich die Schlacke bis zu einer gewissen Höhe im Heerde gesammelt, so wird sie durch die Vorderseite abgestochen, nachdem durch einen Eisenstab eine Oeffnung gestossen worden war; ist nun aber die Charge vollendet, so wird das Eisen durch die Gicht des Ofens vermittelst einer Zange herausgehoben, nachdem es zuvor mit Hülfe eines von oben eingeführten Eisenstabes in eine Kugel geformt war. Sobald der Wolf entfernt ist, wird die im Ofen gebliebene Schlacke durch die Vorderwand abgestochen und neue Erz- und Brennmaterialchargen werden aufgegeben. Man sieht, dass hier der Hauptfehler der ersten Ofenart vermieden ist, denn da das Eisen in gewissem Grade im Ofen selbst bearbeitet und dann ohne Zerstörung des unteren Theils der Ofenwandungen entfernt wird, so ist es möglich, ohne Verzug eine neue Charge zu beginnen und eine starke Abkühlung zu verhindern. Sechs Eisenstücke von je 18 Pfund Gewicht werden täglich in 16stündiger Schicht ausgebracht und in der ersten Hitze zu gesunden Kolben ausgehämmert. Dieser Ofen zeigt offenbar einen beträchtlichen Fortschritt gegen den ersten und ist in der That als ein kleiner catalonischer Heerd anzusehen.

Dritte Ofenart. Wie schon erwähnt, wird die dritte Ofenart in denselben Gegenden wie die zweite, indessen nur für eine besonders gute Eisensorte oder für Stahl angewendet. Ein solcher Ofen ist aus Thon gebaut und gewöhnlich am Abhange eines Walles angelegt. Seine Gesammthöhe von Aussen beträgt 8 bis 10 Fuss, im Innern 6 bis 7 Fuss, so dass der Boden des Ofenheerdes 2 bis 3 Fuss erhöht liegt. Sein Querschnitt ist quadratisch, 18 Zoll an jeder Seite, übrigens gleichförmig vom Boden bis zur Gicht. Die Vorderwand ist meist nicht über 5 bis 6 Zoll stark, um leicht entfernt werden zu können. Ist dies geschehen, so bietet der Ofen das Ansehen einer verticalen, in den Thonwall eingeschnittenen 18 Zoll tiefen und ebenso breiten Furche. Nur einzelne Oefen haben einen oblongen Querschnitt von 15 bei 21 Zoll. Der Bodenstein des Ofens wird von einer Platte oder einem Ziegel von getrocknetem Thon gebildet, worin eine Zahl kleiner Löcher, die indessen nicht ganz durchgehen, angebracht ist. Diese Platte wird unter einem Winkel von etwa 45°, von vorn nach hinten geneigt, gegen den untersten Rand der Hinterwand des Ofens angelehnt, so dass man also unter dem Bodenstein einen freien, nach vorn offenen Raum von der Gestalt eines liegenden dreiseitigen Prismas erhält.

Bevor der Ofen in Betrieb gesetzt wird, legt man die zuletzt beschriebene Platte ein und wirft hierauf Kuhmist, etwa 12 Zoll hoch, so dass diese Schicht den höchsten Rand der Bodenplatte an der Vorwand des Ofens um etwa 4 bis 5 Zoll überragt. In diesem Niveau werden nun zwei thönerne Röhren oder Formen von wenigstens 18 Zoll Länge durch die Vorderwand eingelegt, welche beinahe bis an die Rückwand reichen. Jetzt wird der Ofen theilweise mit Holzkohle gefüllt, angezündet und mit demselben Brennmaterial bis zur Gicht besetzt. Hierauf lässt man den Wind an, welchen der Balgentreter auf einer Art Gerüst, 2 bis 3 Fuss

über dem Boden sitzend, erzeugt. Erz und Holzkohle, in den oblongen Oefen auch Holz und Holzkohle, werden nun abwechselnd aufgegeben und das Schmelzen dauert in dieser Weise 12 bis 16 Stunden. Eine beträchtliche Menge Schlacke wird von Zeit zu Zeit abgestochen, indem ein Eisenstab durch die erwähnten Löcher in der Bodenplatte in den inneren Ofenraum gestossen wird. Man fängt bei dieser Operation mit den untersten (also hintersten) Oeffnungen an und geht nach und nach zu den obersten (also vordersten) über. Diejenigen, aus denen die Schlacke abgestochen ist, werden wieder mit Thon verschlossen, wenn das sich auf dem Boden ansammelnde Eisen dieselben erreicht. Wenn die Formen ganz fortgebrannt sind, was der Fall ist, wenn das Eisen bis zu ihrem Niveau aufgestiegen ist, so wird das Schmelzen als vollendet angesehen und die Bodenplatte mit einem Eisenstab entfernt, worauf die Eisen- und Schlackenmasse aus dem Ofen herunterfällt. Der Wolf wiegt meist 150 bis 180 Pfund und ist daher zu gross, um im Ganzen gehämmert zu werden. Er wird deshalb mit einem scharfen Setzeisen (*sledge*) eingehauen, so dass er sich nach dem Erkalten in vier Stücke zerbrechen lässt. Gewöhnlich ist es ein Gemenge von Schmiedeisen und Stahl, deren Verhältniss zu einander mehr von der Erzgattung als von der Leitung des Ofenganges abhängen soll. Uebrigens aber wendet man, wenn absichtlich Stahl erzeugt werden soll, mehr Holzkohlen und schwächeren Wind an. Es mag hier noch erwähnt werden, dass die Stahltheile, welche auf dem Bruche dasselbe Ansehen zeigen, wie der aus schwedischem Eisen dargestellte Cementstahl, sorgfältig ausgesucht und gesammelt, in einem Holzkohlenfeuer rothglühend gemacht und in kleine Stückchen zerhauen werden, welche man zu Schneidewerkzeugen etc. verarbeitet. Will man indessen keinen Stahl, sondern nur Eisen erzeugen, so werden die sämmtlichen Theile des Wolfs (die Schirbeln) in Schweisshitze gebracht und zu Stäben ausgereckt, wodurch sie vollständig jedes stahlartige Aussehen verlieren. Zuweilen bilden sich in dem Ofen zum grossen Missvergnügen des Schmelzers auch geringe Mengen Roheisen, welche sich sehr schwer von dem übrigen Eisen trennen lassen. Man giebt in diesem Falle der zu hohen Temperatur, welche der Ofen angenommen hatte, die Schuld.

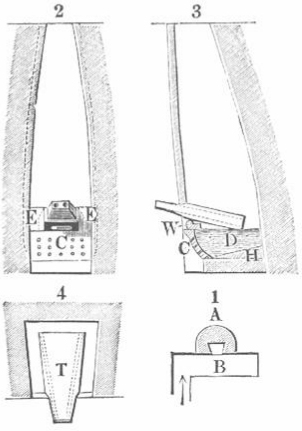
Zu dieser dritten Art gehört offenbar auch ein von Aikin in einem Manuscript des Majors Franklin geschilderter Ofen, dessen ausführliche Beschreibung die nebenstehenden Skizzen überflüssig machen dürften [1]).

Fig. 22, 1 (a. f. S.) ist ein Grundriss. *A* stellt den Ofen dar, welcher aus grossen ungebrannten Ziegeln gebaut und mit Thon ausgesetzt ist. *B* ist ein 3 Fuss tiefer, mit einer Rampe, welche der Pfeil andeutet, versehener Graben — Fig. 22, 2 ist eine Vorderansicht, Fig. 22, 3 ein verticaler Durchschnitt, Fig. 22, 4 zeigt die obere Ansicht der Form (*T*),

[1]) Illustrations of Arts and Manufactures, by Arthur Aikin, London 1841, p. 289.

welche aus zwei divergirenden thönernen Röhren, die in einer Masse von getrocknetem Thon eingeformt sind, besteht. *H* ist der Bodenstein aus Sandstein oder einer anderen harten und schwer schmelzbaren Gesteinsart; seine Oberfläche neigt sich nach vorn. *C* ist eine thönerne Platte, mit zahlreichen Durchbohrungen, die je nach dem Ofengange geöffnet bleiben oder geschlossen werden. *W* stellt einen Thonkeil dar, um das Stechen (die Neigung, *dip*) der Form zu stellen. *EE* sind Platten von gebranntem Thon oder dicke Ziegel, welche den Raum an der Vorderwand ausfüllen, welcher neben der Form offen bleibt. *D* ist eine Masse aus Kuhdünger und Häcksel. Jeder Ofen hat zwei Balgen, welche vor der Vorderwand in passender Höhe über dem Erdboden befestigt sind. Die Form wird an ihrer Stelle durch eine verticale Stange gehalten, welche sie mit ihrer unteren Seite herabdrückt, während ihr oberes Ende in einen Eisenring gehakt ist, welcher zwischen zwei seitlichen Pfosten angebracht ist. Die Gesammthöhe des Ofens schwankt zwischen $4^1/_3$ bis $8^1/_3$ Fuss und sein Durchmesser ist im weitesten Theile 1 Fuss bis 3 Fuss 10 Zoll. Wie man sieht, neigt sich die Rückwand des Ofens bedeutend nach vorn und dies soll eine wesentliche Bedingung seiner richtigen Construction sein.

Fig. 22.

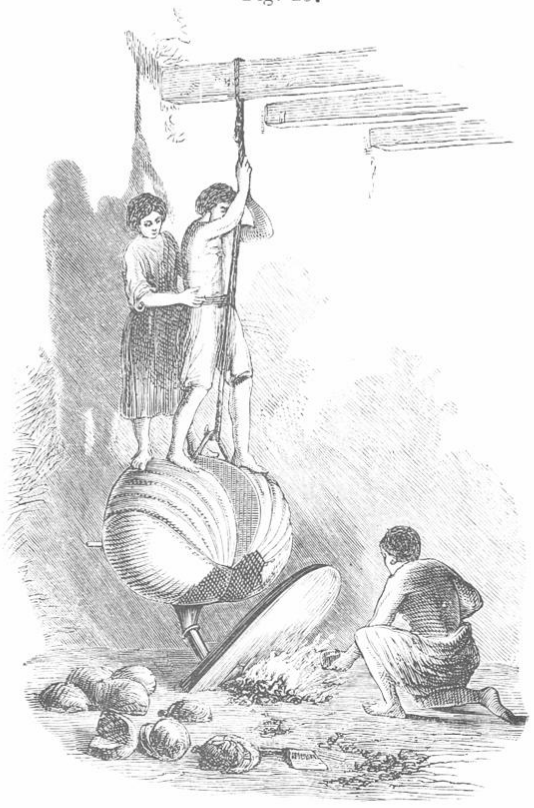


Alle Schlacken enthalten runde Eisenkörnerchen, welche durch Pochen und Waschen wieder gewonnen und an Stelle von Bleischrot benutzt werden.

Zwei Schmelzmethoden, welche nicht unwesentlich von den bisher geschilderten abweichen, mögen als eine Vervollständigung des Geschilderten hier ihren Platz finden. Die Mittheilung über die erste rührt von Dr. Hooker, welcher eine kurze Bemerkung über das Eisenschmelzen im Nonkreem-Thal der Khasia-Berge veröffentlicht hat. Das Erz ist hiernach Eisensand (Magneteisen?), welcher in einem groben röthlichen, aus der Zerstörung eines weichen, in der Nähe brechenden Granites hervorgegangenen Sande zerstreut vorkommt und durch übergeleitetes Wasser von den unhaltigen Theilen befreit wird. Das Erz muss sehr reichlich vorhanden sein, da das Land überall von Waschgräben durchzogen ist, und einige grosse Sümpfe nur für diesen Zweck aufgestaut sind. Das Schmelzen wird in sehr primitiv angelegten Holzkohlenfeuern vollführt, die ihren Wind aus kolossalen, doppelt wirkenden Balgen erhalten. Diese letzteren werden von je zwei Personen getreten, wie es Fig. 23 veranschaulicht. Weder Oefen noch Flussmittel werden

bei der Reduction angewandt. Das Feuer wird an der einen Seite eines aufrecht gestellten, einem Grabmal ähnlichen Steines, welcher unten

Fig. 23.



Eisenfeuer in den Khasia-Bergen.

mit einem kleinen halbrunden Loch versehen ist, angezündet. Mit der kleinen Oeffnung sind durch ein gegabeltes Bambusrohr die beiden schwebend aufgehangenen Balgen verbunden. Das Erz wird zu zweifaustgrossen Metallstücken mit runzliger Oberfläche verblasen, welche nachher zerbrochen werden, um ihre Reinheit beurtheilen zu können [1]).

Hätte Hooker nicht diese Beschreibung seiner Skizze beigefügt, so hätte man annehmen können, letztere solle nur ein Holzkohlenfeuer zum Schweissen des Eisens behufs des Ausschmiedens in andere Formen darstellen. Eine nähere Beschreibung der Balgen wäre auch wohl interessant gewesen. Nach der Skizze zu urtheilen, scheinen sie durch die Füsse allein betrieben zu werden, indem während der eine zusammengepresst wird, der andere sich füllt und sich so ein ununterbrochener

[1]) Himalayan Journals. London 1854. 2. p. 310.

Luftstrom erzeugt. Die niedliche Inderin (Fig. 23) dürfte wohl nicht verfehlen die Theilnahme des Lesers zu erregen.

Man sollte natürlich vermuthen, dass diese gierigen Eisenwerke, die gewöhnlich jede lebende Pflanze in ihrer Nachbarschaft vernichten und eine prächtige Landschaft in eine grässliche Einöde verwandeln, von Dr. Hooker, dem eifrigen Botaniker, mit besonderem Abscheu betrachtet worden wären, aber ganz im Gegentheil wird derselbe sogar poetisch, indem er die Scene wie folgt beschreibt: Wenige Häuser waren sichtbar, aber der aus den Thälern aufwirbelnde Rauch verrieth ihren Versteck, während der Klang der Hämmer aus den ferneren Eisenhütten von allen Seiten eigenthümlich musikalisch und reizend erscholl; er traf das Ohr wie Glocken bei bewegter Luft, jeder Schlag melodisch und harmonisch mit den anderen stimmend. Die Einsamkeit und Schönheit der Gegend und die Bilder, welche aufstiegen bei der Musik der Hämmer, besänftigten unseren von den Strapazen der Reise ermüdeten und von den stets angespannte Aufmerksamkeit erfordernden Studien erregten Geist; und als wir für einige Zeit ausruhten, wanderten unsere Gedanken zu fernen Scenen, welche die heimathlichen Klänge hervorzauberten“ [1]). Ob die „süsse Musik“ der Hämmer oder der Gedankengang, welchen sie anregten, den Verfasser zu diesem Ergusse angeregt haben, mag schwer zu entscheiden sein [2]).

Eine zweite abweichende Einrichtung, bei welcher indessen dieselben Gebläse wie bei der vorhergehenden angewendet zu werden scheinen und die auch in derselben Gegend [3]) benutzt wird, ist von W. Cracroft beschrieben [4]).

Man hat grosse Rasenhütten gegen 25 Fuss hoch und mit einem ringsum bis zur Erde reichenden Strohdach. Das Innere, von ovaler Form, 15 und 20 Fuss in den Durchmessern, ist in drei Abtheilungen getheilt, deren mittlere der Schmelzraum ist. Zwei grosse Doppelbalge, deren Düsen abwärts gehen, sind an der einen Seite dieser Abtheilung aufgestellt; auf denselben steht ein Mann, mit einem Fuss auf jedem, seinen Rücken unterstützt durch zwei Bretter. In seiner linken Hand hält er einen Stecken, welcher am Dach aufgehängt und mit zwei an den Balgen befestigten Stricken nach unten zu versehen ist. Die Balge werden sehr schnell durch eine schaukelnde Bewegung der Lenden und die Gewalt des Beines bewegt. Die Düsen vereinigen sich zu einer Röhre, welche unterhalb des Erdbodens von einer Art Windsammler zu dem

[1]) Op. cit. 2. p. 295. — [2]) Percy, freilich nur an die lärmenden Werke Englands gewöhnt, scheint einigermaassen die Möglichkeit einer Musik der Hämmer zu bezweifeln, wer von unseren Lesern indessen an stillem Abend diesen Tönen von den Höhen des Siegerlandes oder in den Wäldern Schlesiens gelauscht hat, wird den Gedankengang des Dr. Hooker sehr begreiflich finden. — [3]) In dieser Quelle Kasya-Berge genannt. — [4]) Smelting of iron in the Kasya-Hills; Journal of the Asiatic Soc. of Bengal, 1832, 1. p. 150, wobei sich eine Radirung von J. Prinsep nach einer Zeichnung des W. Cracroft befindet.

etwa 4 Fuss davon angelegten Ofenheerd läuft. Ueber dem Heerde ist ein mit Eisenbändern versehener Rauchfang von Pfeifenthon mit 2 Fuss unterem Durchmesser und etwa 6 Fuss Höhe angebracht. Die untere Mündung befindet sich an der von den Balgen abliegenden Seite und die Esse ist in entgegengesetzter Richtung geneigt, um die heisse Luft vom Schmelzer ab und nach einer Oeffnung im Dache zu führen. Rechts von dem Gebläse und in gleicher Höhe mit dem obersten Theil des Rauchfanges befindet sich ein Trog, welcher feuchte Holzkohle und Eisensand enthält. Bei jeder Bewegung seines Körpers greift der Arbeiter mit einem langen Löffel ein Stück Holzkohle und wirft es sammt dem anhängenden Eisensand durch die Esse des Ofens. Sobald eine Masse geschmolzenen oder besser erweichten Eisens sich in dem Heerde gebildet hat, wird sie mit Zangen herausgeholt und mit einem schweren hölzernen Schlägel auf einem grossen als Amboss dienenden Stein bearbeitet. Das Eisen wird dann in diesem Zustande in die Ebenen hinabgesendet, theils zum Verkauf, theils zum Tausch. Der hierbei benutzte feuerfeste Thon soll in grosser Menge in der Nähe eines benachbarten Kalksteinhügels gewonnen werden.

Oekonomische Resultate.

Einige wenige zuverlässige Angaben über das Ausbringen und die Kosten der Eisenerzeugung und Verarbeitung in Indien durch die landesüblichen Methoden dürften von Interesse und wohl ganz geeignet sein, europäische Eisenhüttenleute in Erstaunen zu setzen. In Süd-Indien wurden 1844 Deule, wie sie aus den Oefen kommen, im Gewichte von etwa 10 Pfund zu 2 Annas oder $2^1/_2$ Sgr. verkauft. Bei der Weiterverarbeitung geben indessen die besten Deule nur etwa $5^1/_2$ und gewöhnlich nicht über $2^3/_4$ Pfund. Die Kosten, welche das Schmieden der rohen Luppen zu rohen Stäben mit dem Handhammer verursacht, lassen sich auf 2 Rupees oder 1 Thlr. 10 Sgr. pro Centner der ersteren veranschlagen, so dass die Kosten des Stabeisens etwa 4 Rupees oder 2 Thlr. 20 Sgr. pro Centner betragen mögen, welches zu derselben Zeit, wo diese Angaben veröffentlicht wurden, weniger war als der Marktpreis des billigsten englischen Stabeisens zu Madras [1]).

Für einen etwa 4 Fuss hohen Ofen sind vier Arbeiter erforderlich, ein Meister und drei Gehülfen, welche nur 3 Deule in 12 Stunden darstellen. Capitain Campbell giebt an, dass er in ebenso kleinen Gebläseöfen mit zwei Leuten 36 Pfund rohes oder Kolbeneisen in derselben Zeit und bei einem Aufwande von nur der Hälfte der Erz- und Holzkohlenmenge erzeugen könne [2]). Derselbe Autor fügt indessen bei, dass das

[1]) Capitain Campbell, auf dessen Autorität hin diese Angaben gemacht wurden, verbesserte die Schätzung später auf $4^1/_2$ Rupees oder 4 Thlr. pro Centner Stabeisen, weil er nicht hinlänglichen Abgang beim Schmieden angenommen habe. — [2]) Appendix to the Report on the Government Central-Museum of Madras, p. 14.

schlechteste indische Eisen, welches er je gesehen habe, so gut wie das beste englische sei, und er schiebt die Mängel des ersteren allein auf einen stets vorhandenen, nicht unbeträchtlichen Gehalt an Stahl. Auch auf seinen eigenen Oefen in Süd-Indien, welche nach Art der beschriebenen gebaut waren, wurde ein Eisen erzeugt, welches unter dem Hammer zu feinem Nageleisen von $^1/_{10}$ Zoll Stärke ausgereckt werden konnte, ohne Risse zu bekommen und sich sechs- bis siebenmal vorwärts und rückwärts biegen liess, ohne zu brechen. Es liess sich ohne Bruch in bedeutendem Grade drehen und ein $^1/_2$ Zoll breiter, $^1/_4$ Zoll starker Stab vertrug ein Umbiegen um 180° im kalten Zustande und ein Hämmern, bis beide Stahltheile dicht aufeinander lagen und der Bugwinkel dicht geschlossen war, ohne mehr als eine ganz geringe Trennung zwischen den Sehnen zu zeigen. Das von den Eingeborenen fabricirte Eisen soll zuweilen rothbrüchig sein und Kantenbrüche bei der Bearbeitung unter dem Hammer im warmen Zustande erhalten, doch ist solches Eisen nach Capitän Campbell nicht gewöhnlich [1]).

Zu Arnee in der Präsidentschaft Madras wird als Erz verwaschener Eisensand gebraucht. 100 Pfund geben $33^1/_3$ Pfund Kolben-Eisen. Jedes Schmelzen liefert 9,789 Pfund [2]). Beim Ausschmieden erhält man von 100 Pfund Kolbeneisen $33^1/_4$ Pfund Stabeisen, folglich aus dem Erz 17 Proc. [3]).

In Nord-Canara, dem nördlichsten Zollamte der Präsidentschaft Madras, ist der Durchschnittspreis des inländischen Kolbeneisens 2 Rupees pro Maund von 72,58 Zollpfund oder 1 Thlr. 26 Sgr. pro Zollcentner. Es werden etwa $2^1/_2$ Maunds oder $181^1/_2$ Pfund pro Ofen und Schmelzen erhalten.

In dem District Malabar der Präsidentschaft Madras beträgt die jährliche Eisenproduction etwa 9500 Centner. Der Verkaufspreis des (Kolben-?) Eisens schwankt zwischen 12 Annas und $1^1/_2$ Rupees per Toolam von 25,4 Pfund, oder rund 2 Thlr. pro Centner. Der Durchschnittspreis der Holzkohle, welche $^1/_4$ bis 2 Meilen weit herkommt, ist an den Oefen $1^1/_2$ Anna per 59 Pfund Eisen oder so viel als ein Mann im Tage erzeugen kann. Zu 1 Pfund Kolbeneisen gehören 6 Pfund Holzkohle und 4 Pfund Erz. Beim Schmieden verliert das Kolbeneisen bei-

---

[1]) Campbell, Assistent des Surveyor-General, in Madras ist übrigens in theoretischer Beziehung keinesfalls Autorität, denn er sagt z. B. von den englischen Eisenerzen: Ich zweifle nicht, dass sich aus englischem Eisenstein ausgezeichnetes Eisen darstellen lässt, wenn nur das Eisenoxyd von den Verunreinigungen durch Waschen getrennt wird. — Appendix to Report etc., p. 26. — [2]) 10 lbs. 12 ozs. $10^1/_2$ dwts. englisch. — [3]) Capitain Brooke, Report on the Government Central-Museum, Madras, by Edward Balfour, Surgeon, Madras Army. On the Iron Ores, the Manufacture of Iron and Steel, and the Coals of the Madras Presidency. Madras 1855, p. 24.

nahe die Hälfte seines Gewichtes. Als Nutzen für den Schmelzer kann man $^1/_2$ Rupee oder 10 Sgr. pro Centner annehmen [1]).

Ort.	Kosten des Ofens sammt Hütte.		Arbeitskosten pro Monat, wechselnd nach der Grösse des Ofens.	
Talook.	Rupees.	Preussisch.	Rupees.	Preussisch.
Koormenaad . .	5	3 Thlr. 10 Sgr.	10 bis 30	6 Thlr. 20 Sgr. bis 10 Thlr.
Shernaad	6	4 Thlr.	20	13 Thlr. 10 Sgr.
Walloowanaad	17 bis 30	11 Thlr. 10 Sgr. bis 20 Thlr.	17 bis 52	11 Thlr. 10 Sgr. bis 46 Thlr. 20 Sgr.
Ernaad	12 „ 15	8 Thlr. bis 10 Thlr.	52	46 Thlr. 20 Sgr.
Temalapooram	24 „ 48	16 Thlr. bis 32 Thlr.	$21/2$* - 28	1 Thlr. 20 Sgr. bis 18 Thlr. 20 Sgr.

* Dies erscheint sehr wenig, befindet sich aber so im Original angegeben.

Im District Salem der Präsidentschaft Madras schwanken die Kosten eines Ofens zwischen 4 Annas oder 5 Sgr. und 2 Rupees oder 1 Thlr. 10 Sgr. bei einem Fassungsraum von $13^1/_2$ bis $16^1/_4$ Pfund. Hier soll sich der Hauptsitz der Stahlproduction befinden [2]).

In Vizagapatam, einem Küstendistrict der Präsidentschaft Madras, gewinnt man aus 100 Pfund Erz 25 Pfund Kolbeneisen. $1^3/_4$ Pfund Kolbeneisen geben 1 Pfund Stabeisen.

Zu Coimbatore, im Bezirk (Talook) Caroor der Präsidentschaft Madras (Süd-Indien), sind die geringsten Kosten für den Bau eines Ofens angegeben, nämlich bei 4 Fuss Höhe und 1 Fuss Durchmesser nur 1 Anna 6 Pice, d. h. $22^1/_2$ Pfennig! Dabei kann ein Mann bei dreitägiger angestrengter Arbeit vier Oefen bauen. Der Arbeitslohn für vier zu einem Ofen gehörige Arbeiter beträgt 7 bis 8 Rupees oder 4 Thlr. 20 Sgr. bis 5 Thlr. 10 Sgr. pro Monat [3]).

Zu Nagpore im Deccan (Süd-Indien) können die Oefen nicht im Regen arbeiten, da sie sich alle unter Bäumen im Freien befinden. Die Gesammtkosten eines Ofens werden nicht über 1 Rupee oder 20 Sgr. veranschlagt. Zu einem Ofen gehören drei Arbeiter. Die Ausgaben belaufen sich pro Tag

für Erz	$^1/_2$	Anna	oder	$7^1/_2$	Pfennige
„ Holzkohle	2	„	„	30	„
„ Arbeitslohn	3	„	„	45	„
Zusammen	$5^1/_2$	Annas	oder	$82^1/_2$	Pfennige.

[1]) Rep. a. c. H. Conolly, Collector, Calicut, June 24, 1854. — [2]) J. M. Heath, Appendix to Report on the Iron Ores etc., ante cit. p. 2. Aus dem Journal of Asiatic Society 5, pp. 390 — 397. — [3]) E. C. G. Thomas, Assistant Collector. Appendix to the Report etc., ante cit.

Jeder Ofen erzeugt $1^3/_4$ Maund oder 126 Pfund Kolbeneisen, welches nach dem Schmieden 1 Maund oder 72 Pfund Stabeisen liefert.

In ganz Kumaon und Gurhwal, in der Präsidentschaft Bengalen (Nord-Hindostan), ist der Durchschnittspreis der Holzkohle, welche im Umkreise von etwa einer Meile vom Walde geliefert wird, 3 Annas oder 45 Pfennige für 30 Seers oder 54 Pfund, d. h. also 7 Sgr. pro Centner [1]).

Im Gebiet von Kumaon geben 930 Seers oder 1674 Pfund Erz $327^1/_2$ Seers oder $589^1/_2$ Pfund Kolben- oder Deuleisen, welche wiederum $81^3/_4$ Seers oder 147 Pfund verkäufliches Stabeisen liefern, d. h. also 100 Centner Erz geben $8^4/_5$ Centner Stabeisen. Hinsichtlich des Brennmaterialverbrauchs erfordern 930 Seers oder 1674 Pfund Erz 340 Seers oder 612 Pfund, um die $327^1/_2$ Seers oder $589^1/_2$ Pfund Kolbeneisen zu erzeugen, und diese letztere Menge $81^3/_4$ Seers oder 147 Pfund um verkäufliches Stabeisen darzustellen, mithin kommen auf 1 Gewichtseinheit fertigen Eisens $8^1/_6$ Theile Holzkohle [2]).

Die neuesten Nachrichten über die Preise der indischen Eisenwerke scheinen die von Howard Blackwell [3]), dessen bereits Erwähnung gethan wurde, zu sein; sie dürften wohl allen Glauben verdienen. Hiernach ist die Stadt Tendukera im Nerbudda-Thal, wie schon oben mitgetheilt, ein reiner Eisenhüttenort. Das Erz ist ein im Kalke vorkommender kalkiger Glaskopf, welcher etwa $^1/_2$ Meile südlich von der Stadt und gegen 1 Meile nördlich von dem Ufer des Nerbudda-Flusses bricht. Die Bergwerke erstrecken sich über einen Raum von 1200 bis 1500 Fuss Länge und 600 Fuss Breite. Das Erz wird in einer Tiefe von 30 bis 40 Fuss unter der Oberfläche gewonnen, aber es kommt auch in grösseren oder kleineren Mengen bis zur Oberfläche hin vor. Die Schächte werden stets von Neuem in jedem Sommer abgeteuft, weil sie im Winter durch den Regen wieder zugewaschen werden; und das ganze Abbausystem ist so roh und so unökonomisch als nur denkbar. — Die Holzkohle wird von den Hügeln, 1 bis 2 Meilen nördlich von der Stadt geholt. Man benutzt zu ihrer Erzeugung jede Art Holz, weiches wie hartes, ohne Auswahl; und das Gestrüpp, aus dem es genommen wird, haut man alle vier Jahr. Die Holzkohle wird in Körben auf Büffeln nach der Stadt gebracht und $3^1/_2$ bis 3 Büffeltrachten zu 1 Rupee oder etwa 4 Sgr. pro Centner verkauft. Sie ist von sehr schöner Qualität und wiegt 11 bis 12 engl. Pfund pro 1 Bushel von 1,52 Cubikfuss engl. oder 15 bis 16 Pfund pro preuss. Scheffel von 1,77 Cubikfuss preuss. Hiernach ist das specif.

---

[1]) Report on the Metalliferous Deposits of Kumaon and Gurhwal in North-Western India. By William Jory Henwood. Calcutta, 1855, p. 33. — [2]) Selections from the Records of Government. North-Western Provinces. Published by authority. Agra, 1853, Part 13. Iron and Copper Mines in the Kumaon Division, by J. O'B. Beckett. Report dated Jan. 31. 1850, pp. 67 et seq. — [3]) Report of the Examination of the Mineral Districts of the Nerbudda Valley. By J. H. Blackwell, Esq., Mineral Viewer for Bombay. Bombay, printed for the Government. 1853.

Gewicht dieser Kohle nur 0,141. 70 bis 80 Oefen arbeiten während der schönen Jahreszeit und produciren ein Eisen von ausgezeichneter Beschaffenheit.

Das Eisen wird hier, wie übrigens in ganz Indien, in zwei Sorten getheilt, Kachchá und Pakka genannt; diese Bezeichnungen haben indessen in den verschiedenen Districten eine verschiedene Bedeutung. Zu Tendukera besteht das Kachchá-Eisen aus kleinen Kolben verkäuflichen Metalls, welche in den Catalonischen Feuern sehr ähnlichen Oefen hergestellt werden. Es wird zu gewöhnlichen Zwecken benutzt, ist aber doch so gut als das Pakka-Eisen von Chandghur. Das Pacca-Eisen von Tendukera dagegen wird in einer anderen Art Ofen dargestellt, aus welchem es als eine Sorte Rohstahl kommt. Es wird in Stücke zerhauen, wieder erhitzt und gehämmert, wobei es seinen stahlartigen Charakter verliert und ein Eisen von vorzüglicher Qualität giebt, welches zu Gegenständen von grosser Zähigkeit und Festigkeit verarbeitet wird. Auch wird der Rohstahl als solcher zu Schneidewerkzeugen, Hakenspitzen, Bohrern u. s. w. benutzt, wobei er sich gleichfalls gut bewährt. Der Preis des Kachchá schwankt zu Tendukera zwischen 1 Thlr. $1^1/_2$ Sgr. und 1 Thlr. 6 Sgr. pro Centner und der des Pakka-Eisens zwischen 1 Thlr. 15 Sgr. und 1 Thlr. 24 Sgr. pro Centner.

Man mag daher, schreibt H. Blackwell, mit Recht behaupten, dass hier auf die roheste Art ohne maschinelle Vorrichtungen mit Ausnahme der Bälge und Hämmer das Eisen billiger dargestellt werdan kann, als in England mit allen mechanischen Hülfsmitteln, welche die Arbeit erleichtern [1]). Freilich besteht das von den Hindus erzeugte Eisen nur aus sehr kleinen Stäben.

Die Eisenerzeugung zu Tendukera bildet einen augenfälligen Gegensatz zu der von Chandghur, wo das Kachchá-Eisen eine rohe Masse von Eisen und Schlacke bildet, welche nur nach einer zweiten Bearbeitung durch Schweissen und Hämmern brauchbar wird und dann das Pakka-Eisen bildet, welches zu 4 Thlr. 5 Sgr. pro Centner verkauft wird. Trotz dieses hohen Preises steht der Arbeitslohn nach H. Blackwell hierselbst niedriger als zu Tendukera. Der Materialverbrauch ist in den beiden genannten Districten pro Centner Eisen folgender:

	Eisenerz. Centner	Holzkohle. Centner
Chandghur Pakka-Eisen	7,09	8,04
Tendukera Kachchá-Eisen . . .	3,08	3,12
Tendukera Pakka-Eisen	5,03	5,11.

In den Oefen zu Chandghur wird zum Theil Holz als Brennmaterial verbraucht, welches in dieser Tabelle auf Holzkohlen im Verhältniss von 5 Centner Holz zu 1 Centner Holzkohle reducirt worden ist.

---

[1]) Op. cit. p. 14.

Der grosse Unterschied in den Preisen beider Bezirke wird hauptsächlich der Qualität des Erzes zugeschrieben, rührt aber wohl theilweise auch von der besseren Beschaffenheit der Oefen und der rationelleren Art, in welcher die Eisenerzeugung in Tendukera im Vergleich mit Chandghur getrieben wird. Hierzu kommt noch die zu Tendukera eingeführte Theilung der Arbeit in Bergbau, Köhlerei und Hüttenbetrieb. Alles Eisen wird von den Producenten durch Banier oder Kaufleute verkauft, deren einige einen bedeutenden Reichthum besitzen. Sie versorgen das Land umher, zuweilen im Umkreise von 50 bis 60 Meilen mit allen Sorten Eisenwaaren.

Obschon, bemerkt H. Blackwell, die Quantität an Eisen, welche zu Tendukera erzeugt wird, wahrscheinlich grösser ist, als die in irgend einer anderen Stadt Indiens producirte, so ist sie fast lächerlich klein im Vergleich mit europäischen Werken, denn sie erreicht nur etwa 400 bis 500 Centner wöchentlich durch 8 bis 9 Monate im Jahre, da in der Regenzeit wegen der Schwierigkeit, Holzkohle und Erz zu erlangen, die Oefen kalt liegen. Uebrigens machte Capitain Franklin vor einigen 30 Jahren zu Tendukera auf inländischen Oefen so viel Eisen, dass er damit eine Hängebrücke bauen konnte.

Hinsichtlich der Anlage von Eisenhütten nach europäischem Muster im Nerbudda-Thal, wo Erz, Holz und Steinkohle leicht zu erlangen sind, sagt Blackwell am Schlusse seines Berichtes, er habe keinen Zweifel, dass Eisen dort billiger hergestellt, als von England, von wo die Fracht allein 1 Thlr. 20 Sgr. bis 2 Thlr. pro Centner koste, eingeführt werden könne.

Dies wird um so einleuchtender, wenn man bedenkt, dass selbst zu Tendukera, trotz der dort verhältnissmässig vorgeschrittenen Entwicklung der Eisenindustrie, noch viele Verbesserungen leicht eingeführt werden könnten, denn nicht nur das Schmelzen, sondern der Bergbau und die Köhlerei liegen offenbar noch sehr im Argen, so dass, selbst wenn der Hüttenprocess der Eingebornen beibehalten würde, sich doch das Eisen noch bedeutend billiger als bisher herstellen liesse.

2. Eisenerzeugung in Burma [1]).

Die folgende Beschreibung ist von dem früheren Schüler des Verfassers, Herrn W. T. Blanford, bei der geologischen Behörde Indiens beschäftigt, geliefert worden.

Eisen wird an mehreren Orten von Ober-Burma erzeugt, indessen kommt die grösste Menge von der Umgegend der Stadt Puppa (die auch Paopa, Poulepa etc. geschrieben wird), welche etwa $6\frac{1}{2}$ Meile östlich vom

[1]) Das Innere des nordwestlichen Hinter-Indiens, auf deutschen Karten gewöhnlich Birma oder Mranma genannt, während Pegu der den Engländern gehörige Küstenstrich ist.

Flusse Irawadi, am Fusse eines erloschenen Vulcans [1]) liegt. Uebrigens finden sich auch Ueberreste von Oefen in der britischen Provinz Pegu, bei Prome am Irawadi, von denen nicht bekannt ist, ob sie überhaupt noch benutzt werden.

Der Process unterscheidet sich wesentlich dadurch von allen in Vorder-Indien angewendeten Methoden, als kein künstlich erzeugter Windstrom benutzt wird. Der Berichterstatter sah zwar keinen Ofen in Thätigkeit, hegt aber keinen Zweifel, dass die folgenden, ihm von Burmesischen Arbeitern mitgetheilten Angaben in allem Wesentlichen richtig seien. Die Zeichnungen sind von seiner eigenen Hand.

Das Erz, welches bei Puppa benutzt wird, ist ein Brauneisenstein, welcher in kleinen Concretionen in dem Kiese, der das Land zum grossen Theil bedeckt, gefunden wird. Diese Concretionen bestehen meist in einer äusseren eisenreichen Kruste und einem Kern von sandigem Thon. Sie werden in haselnussgrosse Stücke zerschlagen und durch Sieben vom Sande befreit. Als Brennmaterial dient Holzkohle von ausgezeichneter Beschaffenheit. Der Verkohlungsprocess scheint besser als in irgend einem Theile Vorder-Indiens zu sein, findet sich übrigens ebenso zu Thayet Myo in Pegu. Er wird folgendermaassen geschildert:

Die besten Monate zur Köhlerei sind Januar und Februar, während die gute Jahreszeit für die Eisenerzeugung vom Januar bis zum Mai geht. Im Allgemeinen beginnt man mit der Verkohlung des Holzes. Der Sommer und Herbst wird für Ackerbau verwendet. Als Kohlenholz werden verschiedene Baumarten, besonders aber Sâl (*Shorea robusta*) benutzt. Man liebt Stämme von 12 bis 18 Zoll Durchmesser, verwirft dagegen schwächere als 3- bis 4zöllige. Das geschlagene Holz wird in Haufen von 12 Fuss Quadrat und 6 Fuss Höhe geschichtet, deren Seiten vertical sind und von Pfählen gestützt werden. Sie werden mit Erde bedeckt und nur eine Oeffnung von etwa 1 Fuss Quadrat wird am Fusse freigelassen, welche zwar von einer Seite zur anderen hindurchgeht, aber nur an einem Ende offen erhalten wird. An dieser Stelle wird der Haufen mit brennendem Reisig angezündet, und sobald Rauch sich reichlich auf der anderen Seite der Oeffnung entwickelt, wird auch diese Oeffnung geschlossen und bleibt so, bis der Rauch beinahe aufgehört hat; dann wird sie wieder geöffnet und einige Holzkohle gezogen. Das Feuer greift von Frischem um sich, die Oeffnung wird wieder geschlossen, nach einiger Zeit wieder geöffnet, wenn der Rauch abermals nachgelassen hat und wiederum Holzkohle gezogen. Diese wechselnden Manipulationen wiederholen sich täglich während zwanzig Tagen bis zu einem Monate. So lange brennt ein solcher Haufen.

Der einzige wesentliche Einwurf, meint der Verfasser [2]), bei dieser

---

[1]) 19° 50′ nördlicher Breite und 95° 20′ östlicher Länge Greenwich. — [2]) Im Vergleich zur europäischen Köhlerei, die derselbe wohl nicht kennen mag, sind der Einwürfe natürlich gar viele zu machen.

Methode dürfte die Benutzung von grünem Holz sein. Es ist auffallend, ein so gutes Verkohlungssystem bei einer so rohen Methode der Eisenerzeugung zu finden.

Es wird durchaus kein Zuschlag benutzt und ebenso wenig, wie schon erwähnt, ein künstlicher Windstrom, noch nimmt man etwa bei der Wahl des Ortes für die Erbauung des Ofens besondere Rücksicht auf die Herbeiführung eines natürlichen Luftstromes, da die Oefen mit ihren Vorderwänden oft einander gegenüberstehen. Ein steiler Abhang sandigen Thonbodens von 10 oder 12 Fuss Höhe wird für den Ofen gewählt, welcher, einfach aus einem Loche besonderer Form bestehend, in den Boden 2 oder 3 Fuss von der oberen Kante entfernt angelegt ist, während die Böschung hier zu einer verticalen Fläche verhauen ist. Oft umgeben auch 3 oder 4 Oefen einen kleinen Schacht. Sie sind etwa 10 Fuss tief und von ungleichem trapezoidalen Querschnitt, da die Breite der Vorderwand von $20^1/_2$ Zoll an der Gicht auf $52^1/_2$ Zoll auf dem Boden, die der Rückwand von $11^3/_4$ auf $58^1/_2$ Zoll anwächst, während die Tiefe (zwischen Vorder- und Rückwand) von $20^1/_2$ Zoll an der Gicht auf etwa $23^1/_2$ Zoll in halber Höhe wächst und dann schnell bis zu $11^3/_4$ Zoll am Boden abnimmt. Die nebenstehenden Skizzen und Durchschnitte sind im Maassstabe von 1 : 40 nach einer Originalaufnahme angefertigt. Obwohl im Einzelnen mancherlei Abweichungen vorkommen mögen, haben doch alle Oefen im Allgemeinen dieselbe Form.

Die Vorderwand des Ofens wird durch kreuzweis angebrachte Holzstücke gehalten, welche ihrerseits wieder durch zwei starke senkrechte Pfähle gestützt werden. Der untere Theil der Vorderwand ist fortgenommen, wie dies die Durchschnitte zeigen. Die so gebildete Oeffnung mündet in den Ofen mit einer Höhe von etwa 1 Fuss und in der ganzen Breite des inneren Raumes, und dient zum Austragen der Schlacke und des fertigen Eisens.

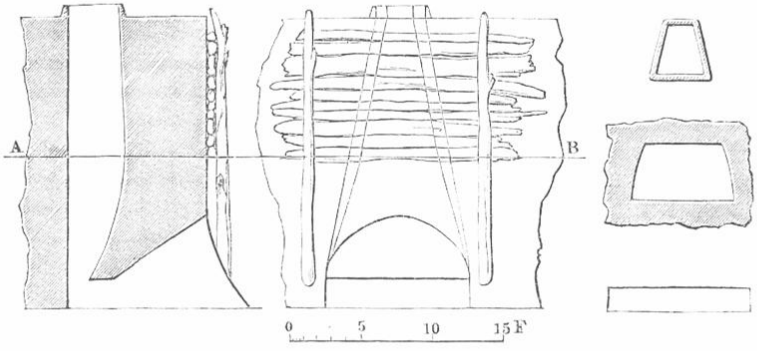
Wenn der Ofen im Gange ist, so wird diese Oeffnung mit feuchtem Thon verschlossen, in welchen etwa zwanzig kleine Thonröhren (Formen) eingelegt sind. Diese Röhren werden über runden Holzstämmchen aus feuchtem Thon geformt, dann in Stücke von etwa 4 Zoll Länge geschnitten und gebrannt. Ihre Durchmesser betragen etwa 2 Zoll. Sie werden in einer Linie neben einander etwa in halber Höhe der erwähnten Oeffnung angebracht. Ist der Ofen so geschlossen, so wird brennendes Holz hineingeworfen und darauf zwei Schwingen Holzkohle von je 25 Viss [1]) oder $78^3/_4$ Pfund geschüttet, dann folgen drei kleine Schwingen Erz von je 10 Viss oder $31^1/_2$ Pfund. Hierauf kommt wieder eine Schwinge Holzkohlen, dann sechs kleine Schwingen Erz, noch eine Schwinge Holzkohlen, abermals drei Schwingen Erz und schliesslich eine fünfte Schwinge Holzkohle.

---

[1]) 1 Viss circa $3^1/_2$ Pfund englisch.

Ist das Ganze gut durchgebrannt und der die untere Oeffnung füllende Thon ganz und gar getrocknet, was etwa acht oder neun Stunden

Fig. 24.



nach Anfang der Fall ist, so wird der den Heerd des Ofens bildende Sand fortgekratzt und ein Loch von circa 4 Zoll Höhe und in der Breite des Ofens gemacht, um die Schlacke zu entfernen. Hierauf schliesst man dieses Loch wieder und öffnet es alle halbe Stunde oder wenn nöthig häufiger, bis keine Schlacke mehr erfolgt. Nach 24 Stunden ist das Schmelzen vollendet. Jetzt wird der Thon aus der unteren Ofenöffnung ganz fortgebrochen und die Eisenmasse entfernt. Sie hat die Form des Heerdes, 4 bis 5 Fuss Länge, aber geringe Breite, wiegt 5 bis 30 Viss, durchschnittlich aber 25 Viss, d. h. einige 80 Pfund. Das Eisen ist ausserordentlich unrein, mit Schlacke, Stücken unverbrannter Kohle, Sand und verschiedenen Unreinigkeiten vermischt, wird aber nichtsdestoweniger in diesem Zustande für 6 bis 7 Rupees [1]) pro 100 Viss oder 120 bis 140 Sgr. die 315 Pfund verkauft. Zu Messern u. s. w. verarbeitet, zeigt es ausgezeichnete Eigenschaften.

Drei Arbeiter bedienen jeden Ofen. Dem Ende jeder Charge folgt sogleich eine neue, so dass gewöhnlich alle Tage ein Eisenstück gewonnen wird. Neben dem grossen jedesmal erzeugten Deul werden noch kleine unregelmässige Bruchstücke von Eisen mit der Schlacke zusammen herausgebracht.

3. Eisenschmelzen in Borneo.

Die Eingebornen von Borneo, diesem merkwürdigen und prächtigen Eilande, haben längst den Ruf von geschickten Eisen- und Stahlarbei-

[1]) Besser gesagt 6 bis 7 Silbertirkals, welche je 1 Rupee gelten. Es giebt nämlich in dem Gebiete des Königs Ava kein geprägtes Geld, sondern Silber von verschiedener Feine ist das Tauschmittel, dessen Werth nach dem Gewichte bestimmt wird. Auch Blei, welches nach dem Gewichte geschätzt wird, braucht man für kleinere Geldgeschäfte. (Vergl. Yule's Mission to the Court of Ava.)

tern. Ihre Eisenerzeugungsmethode besteht seit undenklichen Zeiten in der directen Darstellung aus Erzen, so dass nicht einmal eine Ueberlieferung den Urheber dieser Kunst nennt. Die folgende Beschreibung ist aus Schwaner's Reisen [1]) entnommen.

Unter allen Bewohnern des südöstlichen Theiles von Borneo verstehen nur diejenigen des Districts Doeson Oeloe die Kunst Eisen zu schmelzen und zu Schwertklingen zu verarbeiten. Von dort wird das Eisen in alle übrigen Theile des Landes versendet, wo man es dem englischen Eisen vorzieht, da es erfahrungsmässig schärfere und dabei elastischere Klingen liefert. Das Erz, welches dazu verwendet wird, ist Thoneisenstein aus dem Braunkohlengebirge, aus welchem alle Hügel der Gegend bestehen sollen. Die den Eisenstein enthaltenden Schichten werden vom Barito-Fluss durchschnitten und sind bei tiefem Wasserstande in dem Bette desselben sichtbar. Die Eingebornen benutzen diesen Umstand zur Gewinnung des durch die Einwirkung des Wassers hier mehr oder weniger in Brauneisenstein umgewandelten Erzes.

Der Schmelzofen ist cylindrisch, etwa 3 Fuss [2]) 3 Zoll hoch, 9 Fuss 10 Zoll im äusseren Durchmesser und 2 Fuss dick. Er ist aus gelbem, aus dem Flussbett gewonnenen Thon gebaut und rings von Bambusreifen umgeben. Im Innern scheint er der Beschreibung nach entweder gleichmässig in seinen Dimensionen oder pyramidal nach unten verjüngt zu sein, während der Heerd rechteckig ist, bei 1 Fuss 7 Zoll Breite, 2 Fuss Länge und 9 Zoll Tiefe. Jeder Ofen hat drei Thonformen von 11 Zoll Länge und einer von $2^1/_2$ auf 1 Zoll abnehmenden Weite. Für die Schlacke ist eine Oeffnung gemacht und eine Höhlung zu deren Aufnahme.

Das Gebläse besteht aus einem einfach wirkenden Holzcylinder, der oben offen, am Boden geschlossen ist. Er ist aus dem ausgehöhlten Stamm eines Baumes angefertigt, hat $5^1/_2$ Fuss Höhe und 3 Fuss im Umfange. Wahrscheinlich befindet sich ein Ventil, welches sich nach Innen öffnet, auf einer Seite des Bodens, obschon seiner nicht Erwähnung geschieht. Derartige Ventile haben wenigstens die in China gebräuchlichen Gebläsemaschinen, welche ganz von Holz gemacht sind und dennoch recht dicht schliessen. Der Wind wird vom Boden des Cylinders durch Bambusröhren von etwa 2 Fuss 5 Zoll Länge zu den Formen geführt. Der Kol-

---

[1]) Reisen in Borneo, von Dr. C. A. L. M. Schwaner in den Jahren 1843 bis 1847, S. 109, in holländischer Sprache gedruckt. Die allerdings etwas verworrene Beschreibung ist durch eine farbige Lithographie des Schmelzprocesses veranschaulicht. Professor S. Bleekrode zu Delft giebt indessen in einem interessanten Aufsatz über Eisenschlacken, welche in Holland vorkommen, an, dass diese Zeichnung vom Lithographen vollständig geändert und verdorben worden ist, und er hat diese Arbeit gleichfalls mit einer nach Schwaner's Originalzeichnung hergestellten getuschten Lithographie versehen. Der Titel dieses Aufsatzes ist: De Ijzerslakken in Nederland en de Ijzerbereiding in Vrœgeren Tijd, door Prof. S. Bleekrode. Amsterdam (circa 1857). — [2]) Es sind hier jedenfalls niederländische Fusse gemeint, deren jeder gleich den alten französischen Fussen = 1,0350 Fuss preussisch war und in 12 Zolle getheilt wurde.

ben, dessen Hub 4 Fuss beträgt, ist nach chinesischer Weise mit Vogelfedern gelidert. Ueber jedem Cylinder befindet sich ein mit einem Ende in horizontaler Richtung befestigtes Bambusrohr, an dessen anderem Ende ein langer Stock aufgehängt ist. In einiger Entfernung von diesem letzteren ist die Kolbenstange mit dem Bambusrohr verknüpft, so dass jenes als Feder wirkend den Kolben in die Höhe zieht. Zieht man den aufgehängten Stock nieder, so wird der Kolben hinabgestossen, kurz das Ganze arbeitet etwa wie eine gewöhnliche Schwengelpumpe, deren Kolben stets wieder durch eine kräftige Feder gehoben wird. In einer anderen Beschreibung wird mitgetheilt, dass die Kolbenstangen mit anderen sehr langen Stangen verbunden werden, an welchen Gewichte befestigt sind und die auf den Kreuzbalken des den Ofen bedeckenden Daches balanciren, gerade wie bei unseren Ziehbrunnen [1]).

Der Thon wird mit Wasser gemischt, sorgsam mit Händen und Füssen durchgearbeitet und von Steinen und anderen fremden Bestandtheilen gereinigt. Dann wird er in eine cylindrische Form aus Rinde von den Dimensionen des Ofens eingestampft, während durch einen hölzernen Kern die innere Gestalt des letzteren hergestellt zu werden scheint. Das Ganze wird hierauf sich selbst für einen Monat oder länger überlassen, um gut auszutrocknen. Ist es hinlänglich trocken, so wird die Rindenform entfernt und der Ofen mit Bambusbändern umgeben. Vor dem Gebrauch erhitzt man ihn allmälig.

Das Erz wird vor seiner Benutzung zum Schmelzen mit Holz in Haufen geschichtet und einen Tag lang geröstet, worauf es in nussgrosse Stücke zerbrochen, mit der zehnfachen Menge Holzkohlen dem Maasse nach gemengt und in diesem Zustande aufgegeben wird. Sobald der Ofen zu zwei Dritteln mit Holzkohle gefüllt ist, wird das Gemenge von Erz und Holzkohlen in solcher Menge aufgegeben, dass es einen kegelförmigen Haufen über der Ofengicht bildet. Das Gebläse wird dann mit 40 Hüben pro Minute angelassen. Die Schlacke sticht man von 20 zu 20 Minuten ab, und während jedes solchen 5 Minuten dauernden Abstiches wird nach den Angaben der Windstrom unterbrochen. Gegen Ende der Operation steigert man den Wind. Es resultirt schliesslich ein Eisenklumpen von etwa 90 Pfund [2]). Derselbe wird am Boden des Ofens vermittelst hölzerner Zangen herausgeholt, an einen mit feiner Schlacke überstreuten Platz gebracht und dort mit hölzernen, beinahe parallelepipedischen Schlägeln bearbeitet. An einem solchen Deule arbeiten vier Mann einen Tag lang; sein Handelswerth ist 2 Florins (d. h. also 1 Thlr. 4 Sgr.). Er enthält noch viel mechanisch eingemengte Schlacke und wird in zehn Schirbeln zertheilt, welche wiederholentlich rothglühend gemacht und ausgehämmert werden, ehe sie hinlänglich rein sind, um sich zum

[1]) The Kayans of the North-West of Borneo. By Robert Burns. Journal of the Indian Archipelago and Eastern Asia; Singapore 3. 1849. p. 151. — [2]) 100 lbs. avoird. englisch.

Ausschmieden in Schwertklingen zu eignen; der Gewichtsverlust beträgt hierbei ein Drittel.

Aus dieser letzten Angabe möchte man schliessen dürfen, dass das Product Stahl, oder wenigstens eine Mischung von Stahl und Schmiedeisen ist. Es sind in der vorangegangenen Schilderung viele von Schwaner mitgetheilte Einzelnheiten ausgelassen, theils weil sie unverständlich, theils weil sie im Wesentlichen übereinstimmend mit der in Indien gebräuchlichen Methode sind. In dem S. 513 citirten Aufsatze von Burns wird angegeben, dass verschiedene Sorten Holz gebraucht werden, um entweder hartes oder weiches Eisen darzustellen. Es scheint hiermit wohl die Anwendung leichterer oder dichterer Kohle gemeint zu sein, welche aus weichem oder hartem (leichtem oder schwerem) Holz erzeugt ist, um ein mehr oder weniger stahlartiges Eisen, nach dem beabsichtigten Zwecke, zu erzeugen. Aehnliches findet man beim catalonischen Process wieder.

II. Afrika.

1. Eisenerzeugung im Innern Afrikas.

Die Eingebornen des Innern von Afrika scheinen eine bedeutende Geschicklichkeit in der Eisen-Erzeugung und Verarbeitung auf unmittelbarem Wege aus den Erzen zu besitzen. Wir haben einige Nachrichten darüber von den berühmten Afrika-Reisenden, dem unglücklichen Mungo Park [1]) und dem glücklicheren Barth [2]). Mungo Park berichtet Folgendes: Die an der Küste wohnenden Neger werden billig mit Eisen von europäischen Händlern versorgt, ohne dass sie jemals versucht hätten, diesen Artikel selbst darzustellen; aber im Binnenlande erzeugen die Eingebornen dies nützliche Metall in so grossen Quantitäten, dass sie sich nicht nur selbst mit allen nöthigen Waffen und Instrumenten versehen, sondern sogar damit Handel in die benachbarten Staaten treiben. Während meiner Anwesenheit zu Kamalia befand sich ein Eisenofen in kurzer Entfernung von meiner Wohnung und die Eigenthümer und Arbeiter machten kein Geheimniss aus der Art und Weise der Operationen, sondern gestatteten mir, den Ofen zu prüfen und ihnen beim Eisensteinbrechen zu helfen.

Der Ofen war ein runder Thurm aus Thon, etwa 10 Fuss hoch und 3 Fuss im Durchmesser, an zwei Stellen mit Weidenruthen umgeben, um ein Zerreissen und Zerfallen des Thons durch die Hitze zu verhindern. Rund um den unteren Theil im Niveau des Erdbodens, aber höher als der etwas concave Boden des Ofens, befanden sich sieben Oeffnungen, in

---

[1]) Travels in the Interior Districts of Africa, by Mungo Park, Surgeon. London 1799. — [2]) Reisen und Entdeckungen in Nord- und Central-Afrika in den Jahren 1849 bis 1855, von Dr. Heinrich Barth.

deren jede drei Thonröhren gelegt und ringsum derartig verklebt waren, dass nur durch ihre Oeffnungen Luft in den Ofen gelangen konnte und vermittelst Oeffnens oder Schliessens derselben der Ofenbetrieb regulirt werden konnte. Diese Röhren waren aus einer Mischung von Thon und Gras um einen glatten Holzkern geformt, welcher, sobald die Masse zu erhärten anfing, herausgezogen wurde, worauf die Röhre an der Sonne vollends trocknete. Der Eisenstein, den ich sah, war sehr schwer, von matter rother Farbe, mit graulichen Flecken; er wurde zu Stücken von Hühnereigrösse zerbrochen. Zuerst wurde ein Bündel trocknen Holzes in den Ofen gesteckt und dieses mit einer beträchtlichen Menge Holzkohle beschüttet, welche fertig gebrannt aus den Wäldern kam. Hierauf kam eine Lage Eisenstein, dann eine zweite Lage Holzkohle und so fort, bis der Ofen ganz voll war. Das Feuer wurde durch eine der Röhren angezündet und für einige Zeit mit Bälgen von Geishaut angefacht. Zu Anfang ging die Operation sehr langsam vorwärts, und erst nach mehreren Stunden erschien die Flamme an der Gicht; aber hierauf brannte das Feuer mit grosser Heftigkeit die ganze erste Nacht, während welcher die Arbeiter hin und wieder frische Holzkohle aufwarfen. Am folgenden Tage war das Feuer nicht so heftig und in der zweiten Nacht wurden einige der Röhren herausgezogen, um der Luft freien Zutritt in den Ofen zu gestatten; indessen war die Hitze noch immer sehr hoch und eine bläuliche Flamme erhob sich einige Fuss über die Gicht des Ofens. Am dritten Tage seit Anfang des Betriebes wurden alle Röhren herausgenommen, deren Enden zum Theil von der Hitze verglast waren; aber das Metall wurde erst nach einigen Tagen, nachdem das Ganze vollständig kalt geworden war, entfernt. Nun wurde nämlich ein Theil des Ofens niedergerissen und das Eisen zeigte sich in der Form einer grossen, unregelmässigen Masse, an welcher Holzkohlenstücke anhingen. Es war klingend und wenn irgend ein Theil losgebrochen wurde, so zeigte er ein körniges Aussehen, wie gebrochener Stahl. Der Eigenthümer theilte mir mit, dass viele Theile dieses Deuls unbrauchbar wären; indessen fand sich genug gutes Eisen, um ihn für seine Mühe zu bezahlen. Dies Eisen oder vielmehr der Stahl wird zu verschiedenen Instrumenten ausgeschmiedet, wobei es wiederholentlich im Schmiedfeuer erhitzt wird. Den Wind hierzu liefert ein Paar Doppelbalgen von sehr einfacher Construction, welche aus Geishaut hergestellt sind und deren Blaseröhren sich vereinigen, ehe sie in das Feuer münden, in Folge dessen sie einen beständigen und sehr gleichmässigen Luftstrom liefern. Der Hammer, die Zange und der Amboss sind sämmtlich sehr einfach, aber das Product (welches vorzüglich in Messern uud Scheeren besteht) ist nicht zu tadeln. Das Eisen ist übrigens hart und spröde und erfordert viel Arbeit, bevor es seinem Endzwecke entspricht [1]).

---

[1]) Travels in the Interior Districts of Africa. By Mungo Park, Surgeon. London, 1799, p. 283 bis 285.

Der berühmte [1]) Afrikareisende Dr. H. Barth berichtet in der Beschreibung seiner in den Jahren 1849 bis 1855 ausgeführten Reisen und Entdeckungen mehrfach über die zahlreichen Gegenstände von Eisen, die im Innern Afrikas angefertigt werden und zum grossen Theil von einer ziemlich hohen Stufe der Vollkommenheit in diesem Industriezweig Zeugniss ablegen [2]).

In Kano, dieser berühmten Handelsstadt Central-Afrikas [3]), bildet das Eisen einen bedeutenden Industriezweig, indem es hier in grosser Menge zu Speeren, Lanzen, Dolchen, Ackergeräthschaften, Steigbügeln und Zaumketten verarbeitet wird, obwohl es keineswegs von solcher Güte sein soll, wie das von Wándala (Mándara) und Buban-Djídda.

Aus dem Grenzlande der Marghi, zwischen Bornú und Adamana, berichtet Barth von einem Schmied, welchen er unter einem üppig aufgewachsenen Tamarindenbaum traf, unter dessen Schatten jener seine einfache Werkstätte aufgeschlagen hatte. Der Arbeiter waren drei. Der Meister hämmerte das im Feuer liegende Eisen, ein Knabe fachte das Feuer mittelst eines kleinen Blasebalges — búbutu — an und ein erwachsener Bursche befestigte das Eisen an einem Stiel. Nahe bei ihnen lag ein vollendeter Speer am Boden. Auf eine Anfrage nach dem Ursprung des Eisens wurde Madégele in Bubandjídda angegeben. Es wird dort für das beste Eisen angesehen. — Auf seiner Rückkehr von Adamana durch dasselbe Land fand der Reisende seinen Wirth zu Issege reich mit Eisen geschmückt. Er trug um den Hals und bis auf die Brust herabreichend einen Schmuck von zwei Reihen Eisen- (oder Stahl-) Perlen, am linken Oberarm vier breite Eisenringe, am Elbogen zwei andere schmale, sehr niedliche, wie aus Perlen zusammengesetzte und am Handgelenk drei Eisenringe. Auch am rechten Arm befanden sich vier und am Fussgelenk ein derartiger. Andere seiner Landsleute waren noch reicher mit Eisen geschmückt, sie hatten eiserne Kettchen um ihre Hüften. Das nahe gelegene Mora ist der Hauptmarkt für derartige Gegenstände, welche ebensowohl als Proben des vortrefflichen Eisens, welches die Eingebornen besitzen, als auch als Zeugniss ihrer Kunstfertigkeit dienen.

Von den Ländern Ost-Sudans am Tsad-See sagt derselbe Reisende, dass in Baghírmi zwar Bergbau auf Eisen nicht getrieben werde, dass aber namentlich aus Gúrgura, einem 20 bis 25 Meilen vom Flusse entfernten Orte, wo der Sandstein beträchtlich viel Erz zu enthalten scheine, Eisen eingeführt werde, während in Wádáï der Kunstfleiss nur die rohesten Erzeugnisse, wie Waffen und Ackergeräthe, aus einheimischem Eisen liefere.

---

[1]) Leider zu gerade der Zeit, wo diese Zeilen geschrieben wurden, zu Berlin verstorben. — [2]) Dr. Heinrich Barth's Reisen und Entdeckungen in Nord- und Central-Afrika. — [3]) In Haussa, westlich vom Tsad-See.

Interessant ist eine von Dr. Livingstone mitgetheilte Thatsache, dass 1768 in Angola, am Zusammenflusse des Luinha und Lucalla, ein Eisenwerk nach europäischem Muster errichtet worden war: Dort standen, schreibt er, die starken und massiven Ruinen einer 1768 auf Befehl des bekannten Marquis von Pombal erbauten Eisengiesserei. Die ganzen Gebäude waren aus Stein aufgeführt worden, der mit Oel und Kalk verkittet ward. Das Wehr für die Wasserkraft war aus demselben Material 27 Fuss hoch hergestellt worden. Aber letzteres wurde von einer Fluth durchbrochen und starke Blöcke von vielen Ellen Länge wurden stromabwärts geführt, ein gutes Beispiel für die tragende Kraft des Wassers. Es deutete Nichts auf ungesundes Klima, aber acht spanische und schwedische Arbeiter, welche zu dem Zwecke dorthin gebracht waren, um den Eingebornen die Kunst des Schmelzens beizubringen, fielen bald als Opfer von Krankheit und Ausschweifungen. So wurde der Versuch des Marquis, die Art der Eisendarstellung zu verbessern, vereitelt. Indessen ist auch Arbeit und Lebensunterhalt dort so billig, und fast jede beliebige Leistung kann mit so geringen Kosten ausgeführt werden, dass kostspielige Anlagen ganz überflüssig erscheinen. Ein Theil der eingebornen Bergleute und Schmiede wird noch heutigen Tags von der Regierung beschäftigt und producirt aus dem reichen schwarzen Magneteisenerz für letztere monatlich 480 bis 500 Stück guten Schmiedeisens. Sie werden mit der Ueberlassung von einigen Tausenden eines kleinen, Cacusu genannten Süsswasser-Fisches, einem Theil einer den Fischern des Coanza auferlegten Steuer, bezahlt. Dieser Fisch wird in dem Lande so gern gegessen, dass die, welche ihn nicht selber verzehren wollen, ihn leicht in Geld umsetzen können. So hat z. B. der Commandant des Massangano-Districts das Recht auf ein Gericht von 300 Fischen an jedem Morgen, als einen Theil seines Gehalts [1]).

Diese sonderbare Art der Bezahlung würde schwerlich unseren Frischern und Puddlern, die an etwas mehr Substanzielles gewöhnt sind, selbst wenn sie sich in dem glühenden Klima Afrikas befänden, sonderlich behagen.

2. Eisenerzeugung in Madagaskar.

Die auf der Insel Madagaskar befolgte Methode der directen Eisenerzeugung ist entschieden zu einer bedeutenden Entwicklung gekommen. Die hier mitgetheilten Notizen sind aus dem Werke des bekannten eifrigen Missionärs William Ellis, dem Autor der „Polynesian Researches“ [2]). Eisenerz kommt in reichlichen Mengen und von ausgezeichneter Beschaffenheit in den Central-Provinzen in der Nähe der Hauptstadt vor; einer

[1]) Missionary Travels and Researches in South-Afrika. By David Livingstone etc. London 1857, p. 402. — [2]) Three Visits to Madagascar during the Years 1853, 1854—1856. by the Rev. William Ellis. London: John Murray, 1858, p. 264.

der Berge, der Ambohimiangavo, ist so eisenreich, dass er der Eisenberg genannt wird. Das Erz tritt schon in der Nähe der Oberfläche in solcher Menge auf, dass der Boden selten mehr als bis zu einigen Fussen Tiefe bearbeitet zu werden brauchte, obwohl die Eingebornen seit Generationen an die Benutzung des Eisens gewöhnt sind [1]). Die dortigen Oefen werden stets in der Nähe eines Stromes gebaut und das Erz wird, nachdem die grossen zusammengelesenen Stücke in kleinere zerbrochen sind, von erdigen Beimengungen durch häufiges Waschen befreit. Die Wände der Oefen, welche gewöhnlich 2 bis 3 Fuss in den Erdboden reichen, werden aus Stein errichtet und von aussen mit Thon bekleidet. Eine kleine Menge Brennmaterial wird auf dem Boden des Ofens angezündet, dieser dann mit Erz gefüllt, welches entweder mit Holzkohle gemischt oder mit dieser in abwechselnden Schichten aufgegeben wird, worauf schliesslich die Gicht mit einer dicken Thonschicht bedeckt wird. Der Wind wird durch zwei Paar Kolben erzeugt, welche in hölzernen, gewöhnlich durch einen Theil eines ausgehöhlten Baumes gebildeten Cylindern arbeiten. Von dem Boden jedes Cylinders führt ein Rohr, welches aus Bambus oder aus einem alten Flintenlauf hergestellt ist, durch ein in den Steinwänden angebrachtes Loch in den Ofen. Nachdem der Inhalt des Ofens einige Zeit lang in Weissgluth erhalten worden, lässt man ihn abkühlen, und findet dann das Eisen in Klumpen auf dem Boden. In diesem Zustande sowohl, als auch nach abermaligem Erhitzen und Aushämmern zu Stäben und Stangen, wird es in die Regierungsmagazine oder zum Markt für den Verkauf geschafft.

Die Schmiede des eingebornen Eisenarbeiters ist ein sehr einfaches Ding. Der irdene Boden seines Hauses bildet zugleich den Heerd für sein Feuer, welches durch drei oder vier Steine zusammengehalten wird. Der Amboss, welcher etwa 6 Zoll im Quadrat und 6 Zoll hoch ist, findet sich in ein dickes, im Boden befestigtes Holzstück eingelassen, dabei der Wassertrog sammt Zangen, Hämmern und anderem Gezähe. Der Schmied kauert auf einem Brette an der Erde und seine Gehülfen sitzen oder stehen ihm gegenüber mit Schmiedhämmern in ihren Händen, zum Zuschlagen bereit.

Der Autor hat seine Beschreibung mit einem Steinschnitt begleitet, welcher, obschon er wegen mangelnder Einzelnheiten wenig Interesse für den Metallurgen bietet, ohne Zweifel ein getreues allgemeines Bild der madagaskischen Eisenwerke giebt.

---

[1]) Nach Crawford, dem früheren Gouverneur von Singapore, ist auf Grund der Aehnlichkeit des malasgischen Wortes für Eisen und des entsprechenden malayischen und mit Rücksicht auf andere ähnliche Dinge anzunehmen, dass die Kunst der Eisenerzeugung in Madagaskar malayischen Ursprungs ist, zumal sie im ganzen indischen Archipelagus allgemein wohl bekannt ist und ausgeübt wird.

III. Europa.

Die Methode der Schmiedeisendarstellung aus Erzen war in Europa in früheren Zeiten ebenso allgemein, wie sie es jetzt noch in weniger civilisirten Ländern ist, aber sie ist besonders seit der letzten Hälfte des vorigen Jahrhunderts [1]) so sehr durch den mittelbaren Process verdrängt worden, dass sie nur noch in sehr wenigen holzreichen Gegenden bestehen geblieben ist. Obwohl daher die Beschreibung der hierzu benutzten Apparate und Werkzeuge nur ein geringes praktisches Interesse für die Jetztzeit bietet, so ist doch die Darstellung des Processes selbst für die weitere Entwicklung der Theorie der Eisenerzeugung im Allgemeinen nothwendig. Man bezeichnet die Arbeit, durch welche unmittelbar aus den Eisenerzen Schmiedeisen dargestellt wird, bekanntlich als Rennarbeit; wird die Rennarbeit in Heerden ausgeführt, so bezeichnet man sie als Luppenfrischarbeit, benutzt man dagegen Schachtöfen dazu, so nennt man sie Stückofenwirthschaft.

1. Die Luppenfrischarbeit.

a. Die catalonische Luppenfrischarbeit (*Catalan Process*).

Die catalonische Luppenfrischarbeit hat ihren Namen von der Provinz Catalonia im nördlichen Spanien, wo sie wahrscheinlicher Weise zuerst von den Ländern West-Europas eingeführt worden ist. Eine den Heerd sammt Zubehör enthaltende Hütte nennt man catalonisches Feuer (*forge Catalane*, franz., *Catalan forge*, engl.). Die Literatur über diesen Gegenstand ist sehr reich, das Folgende ist aber hauptsächlich aus den vorzüglichen Abhandlungen von Richard und François [2]) geschöpft. Bis zur neuesten Zeit wurde die Luppenfrischarbeit in nicht unbedeutendem Maassstabe im südlichen Frankreich, besonders im Departement Ariége, welches von Catalonien durch die Pyrenäen getrennt ist, ausgeführt. Jetzt aber ist die Zahl der Feuer sehr gesunken, und die amtliche Statistik von 1858 [3]) giebt nur noch 88 an, von denen nicht einmal angedeutet wird, ob sie wirklich im Betrieb sind. Hiervon kommt über die Hälfte, nämlich 45, auf die Provinz Ariége, 24 auf die Provinz Pyrénées-Orientales, 9 auf Aude, 4 auf Haute-Garonne, 3 auf Basses-

[1]) 1798 verliess man die Rennarbeit in Schlesien, in der Mitte des 18. Jahrhunderts am Harze (Kerl, Hüttenk. III, 206). — [2]) Etudes sur l'art d'extraire immédiatement le fer de ses minerais sans convertir le métal en fonte. Par T. Richard. 4to. pp. 370, mit Folio-Atlas von 9 lithographirten Tafeln. Paris 1838. Recherches sur le gisement et le traitement direct des minerais de fer dans les Pyrénées, particulièrement dans l'Ariége. Par M. Jules François. 4to. pp. 404, mit Atlas von 10 Kupfertafeln. Paris 1843. — [3]) Résumé des travaux etc.

Pyrénées und je 1 auf die Provinzen Hautes-Pyrénées, Lot-et-Garonne und Tarn. In Spanien giebt es noch zahlreiche catalonische Feuer in den Ländern der Pyrenäen und deren westlicher Fortsetzung, aber auch südlich vor Madrid im Thal des Tajo sollen deren existiren.

In Italien waren früher die Hauptpunkte für derartigen Betrieb einestheils nicht fern der Küste westlich von Genua in den ligurischen Apenninen und zweitens in Calabrien. In ersterer Gegend sind diese Anlagen ganz verschwunden oder in Alteisen- und gewöhnliche Frischfeuer umgewandelt, in letzterer dagegen bestehen deren noch siebzehn mit je zwei bis drei Feuern, aber sehr schwachem Betriebe [1]).

Ein catalonisches Luppenfeuer besteht im Wesentlichen aus dem Heerde, der Gebläsemaschine und einem schweren Hammer. Sehr häufig bedient man sich als Gebläsemaschine der Wassertrommel (*trompe*), zu deren Betriebe man eine Wasserkraft von beträchtlichem Gefälle, mindestens 11 bis 12 Fuss, braucht. Diese Wassertrommelgebläse haben in den Pyrenäen nach François die älteren Balgengebläse erst gegen Ende des 17. Jahrhunderts verdrängt. Als Erz benutzt man hauptsächlich Brauneisenstein; aber auch andere Erze werden oder wurden benutzt, so Eisenglanz von der Insel Elba in den ligurischen Apenninen und in Calabrien, in der letzteren Provinz gemischt mit Eisensand; Rotheisenstein, Spath- und Thoneisenstein in den Pyrenäenländern, namentlich in der Gegend von Sommorostro. Das Brennmaterial besteht stets in Holzkohle, die Versuche, Coks anzuwenden, misslangen überall [2]). Der Process ist, wie sich geschichtlich nachweisen lässt, in den französischen Pyrenäen schon früher als 1293 ausgeführt, aber alte Ueberreste dort und in den spanischen Pyrenäen deuten darauf hin, dass man ihn schon weit vor jener Zeit gekannt hat [3]). Als Uebergang von den in jener alten Zeit benutzten Apparaten zu den jetzigen betrachtet François [4]) einen noch im Anfange des 17. Jahrhunderts in den Provinzen Navarra und Guipuzcoa und an der Bidassoa gebräuchlichen Ofen, welcher einen flach kegelförmigen Raum von ovalem Querschnitt umschloss, nur eine Form besass, die über die Mitte einer längeren Seite in den Heerd ragte, gemauert, mit Eisenbändern umfangen und mit einem kupfernen Mantel zum Schutze vor Feuchtigkeit umgeben war. Im Anfang des 18. Jahrhunderts hatte der Heerd bereits die Form der jetzt gebräuchlichen, aber ein sehr wichtiger, obschon scheinbar unbedeutender Fortschritt brachte erst die Production zu dem jetzigen Standpunkte und erhöhte sie von 60 bis 80 Kilogramm (120 bis 160 Pfund) auf 120 bis 150 (240 bis 300 Pfund) für die Charge von fünf Stunden. Die Veranlassung bestand darin, dass die früher mit 35 bis 40° Neigung 0,23 bis 0,32 Meter über dem Boden mündende Form auf 0,52 Meter erhöht und ihre Neigung verändert wurde, ein Beweis, wie von dem Unkundigen für geringfügig

[1]) Industria del ferro; Torino 1864. — [2]) Karsten, Eisenhüttenk. 4. S. 300. — [3]) François, p. 317. — [4]) Loc. cit.

geachtete Dinge oft von ungeheurem Einfluss für den Hüttenbetrieb sein können, und eine Thatsache, aus der man die Lehre ziehen sollte, nichts ohne vorherige Prüfung, auch wenn es eine Kleinigkeit zu sein scheint, zu verwerfen.

Zusammensetzung des Erzes. Wendet man Brauneisenerz von mulmiger und poröser Beschaffenheit an, so kann es unvorbereitet in den Heerd gelangen, wogegen Spatheisenstein oder an kohlensaurem Kalk reiche Erze sowie dichte Brauneisensteine einer vorbereitenden Röstung bedürfen und wasserfreie Oxyde und kieselreiche Eisenerze durch Erhitzung zur Rothgluth, Abschrecken in Wasser und monatelanges Verwittern an der Luft aufgelockert werden müssen. Nach Richard ist jedes Erz geeignet, welches gegen 50 Proc. Eisen enthält, frei von schädlichen Bestandtheilen ist, in Stücken vorkommt und porös ist, oder durch Röstung in diesen Zustand übergeführt werden kann. Aber am geeignetsten ist immer Brauneisenstein. Als Beispiele von gut für den Process geeigneten Erzen mögen folgende Analysen dienen:

	1.		2.	3.
Eisenoxyd	62,474		65,50	64,00
Manganoxyd	6,213		3,00	6,20
Kalk	2,790		5,00	3,50
Magnesia	0,545		0,45	0,80
Thonerde	1,014		1,30	1,20
Kieselsäure	14,715		11,40	10,50
Wasser	12,112	Röst-	13,20	14,50
Verlust	0,137	verlust		
	100,000		99,85	100,70
Eisen, Procent	43,752		45,87	44,82

Nr. 1. Analysirt von Richard[1]). Die mittlere Zusammensetzung der gewöhnlichen Charge von 12 Quintals (487 Kilogrm.) Erz, in Stücken und Erzklein (*greillade*), in den Jahren 1833, 1834, 1835. Nr. 2, 3. Nach François[2]). Nr. 2. Mittlere Zusammensetzung aus zwei Analysen der Erzgattirung von den Feuern zu Viedessos, Niaux, Lacour und Mas-d'Azil 1841. Nr. 3 do., 1842. Nach François geben diese Erze in einigen Anlagen bis zu 32,78 Proc. und wurden als gut bezeichnet, obwohl der Eisenabgang bis zu 12 und 13 Proc. stieg.

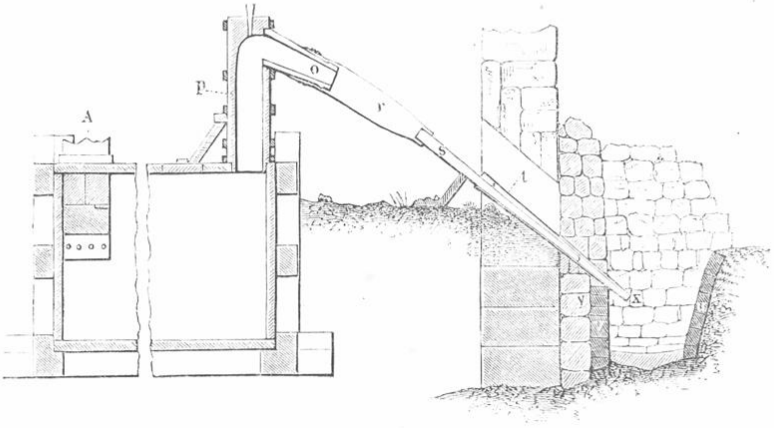
Die Röstung wird in einfachen Oefen von quadratischem, kreisrundem oder ovalem Querschnitt ausgeführt, welche 1,7 bis 2,3 Meter Höhe, 2 bis 2,5 Meter inneren Durchmesser haben und 300 bis 400 Quintals (600 bis 800 Centner) Erz, welches mit Holz abwechselnd aufgegeben wird, fassen; die Temperatur darf nie bis zur anfangenden Schmelzung steigen, weil dies dem Zwecke der Auflockerung entgegen wirken würde.

Der Heerd. Der Heerd besteht aus einer im Grundriss vierseitigen, an drei Seiten von Mauerwerk, welches in Thon oder Stein aufgeführt

[1]) Op. cit. p. 107. — [2]) Op. cit. p. 138.

ist, umschlossenen Vertiefung (*creuset*), welche sich mit der vierten Seite an die Hauptwand des Hüttengebäudes anlehnt. Von letzterer ist sie nur durch eine kleine Mauer (Formmauer, *piech d'el foc*), Fig. 25 *y*, getrennt, durch welche der Wind zugeleitet wird. Dies Feuer ist in den

Fig. 25.



Figuren 25, 26 und 27 dargestellt, deren erstere einen Verticalquerschnitt, deren zweite eine obere Ansicht, deren dritte eine perspectivische Ansicht giebt. Die Dimensionen sind sehr verschieden, gewöhnlich aber ist die Breite und Länge 2,50 bis 3 Meter und die Höhe 0,7 bis 0,9 Meter [1]). Karsten [2]) unterscheidet die eigentlichen catalonischen Feuer von 20 Zoll Länge und Breite und 16 Zoll Tiefe, bei einer Höhe der Form über dem Boden von etwa 9 Zoll; die navarrischen Feuer von 30 Zoll Länge, 23 bis 24 Zoll Breite und 24 Zoll Tiefe, bei einer Höhe der Form von 14 bis 16 Zoll über dem Boden; und die biscayischen Feuer von 40 Zoll Länge, 30 bis 32 Zoll Breite, und 27 Zoll Tiefe, bei einer Höhe der Form von 16 Zoll über dem Boden.

Die Vorderseite oder Schlackenwand *LL*, Fig. 26 (*la main*, *le laitairol*) ist vertical und meist aus zwei starken schmiedeisernen Platten (Zacken, *laitairoles*) gebildet, welche einen mit einem kürzeren Eisenstück (*respalme*) unten ausgefüllten, zur Stütze der Brechstange beim Herausheben des Deuls dienenden Zwischenraum zwischen sich lassen. In dem darunter liegenden mit Thon ausgestopften Theil dieses Zwischenraumes befindet sich eine Oeffnung, Fig. 27 (*le chio*) zum Abstechen der Schlacke. Das Bruststück (*la plie*) bedeckt die Vorderzacken und ist mit einer Seite fest in der Formwand eingelassen, während es auf dem derselben gegenüberliegenden Zacken aufruht und durch einen alten Hammerkopf (wie in Fig. 27) oder durch einen schweren Stein festgehalten wird. Ueber

[1]) François, Recherches p. 5. — [2]) Eisenhüttenk. IV, 293.

diesem Bruststück liegt, vor demselben hervortretend, die zum Zusammenhalten der Kohlen dienende, zum Heerde etwas geneigte Vorheerd-

Fig. 26.

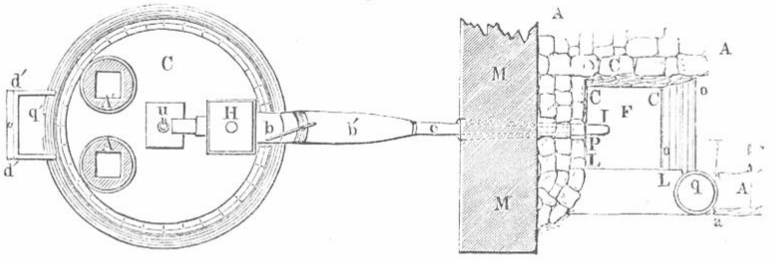
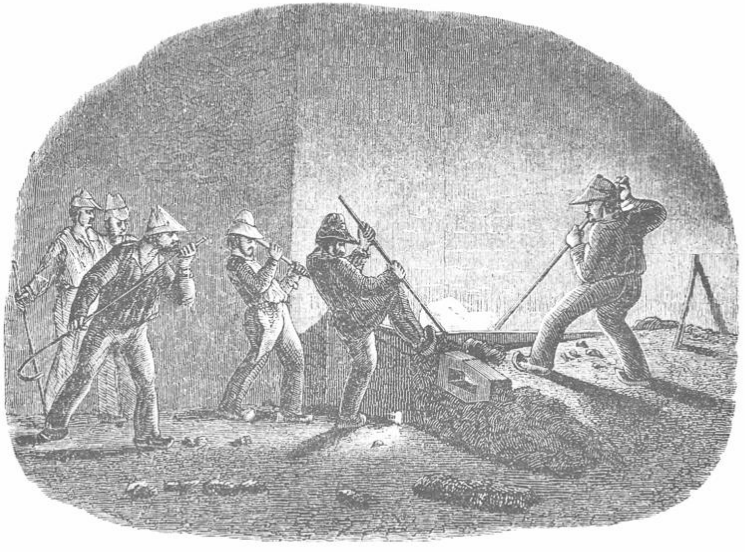


Fig. 27.



platte (*la banquette*). Die Formwand (*coté des porges*) besteht unterhalb der Form aus zwei über einander stehenden eisernen Zacken (*porges*), oberhalb ersterer, wie die Formmauer (*piech d'el foc*), aus Stein (*parédou*). Die Rückwand *CC* (*la cave*) besteht ganz aus Stein, mit Thon als Mörtel. Sie neigt sich um etwa 9° vom Lothe in den Heerd. Die der Formwand gegenüberliegende Gichtwand (*l'ore ou contrevent, O*) besteht aus schmiedeisernen, zum Theil auch nach oben zu gusseisernen Stücken oder Balken (*massoques*), welche nach Aussen von gleich hohem Mauerwerk gestützt werden. Sie hat eine beträchtliche Neigung aus dem Feuer. Der Boden besteht aus einem Block Granit, Gneiss, Glimmerschiefer, Sandstein, sogar auch Kalkstein und besitzt eine solche Grösse, dass er, ohne

Zerstörung der Feuerwände, ausgewechselt werden kann. Er wird von einer Schlacken- oder Thonunterlage getragen.

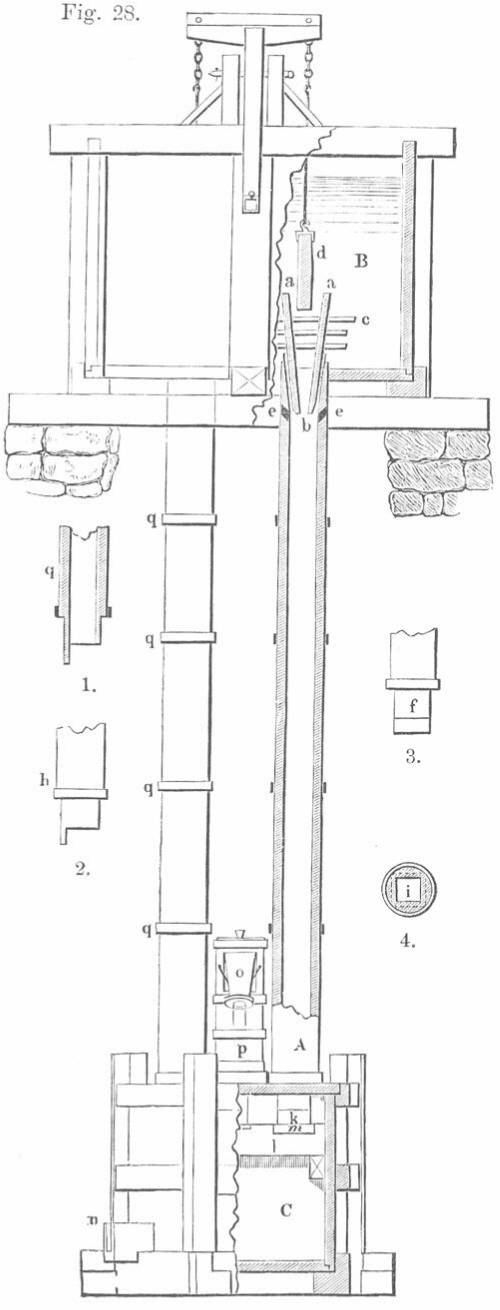
Die Form besteht in einer etwas abgeplatteten konischen Kupferröhre von 0,48 Meter Länge. An der Mündung im Feuer ist die obere Seite lippenartig um 0,01 bis 0,02 Meter gegen die untere verlängert, und die Oeffnung bildet ein unregelmässiges Oblongum von etwa 0,042 Meter Breite und 0,033 Meter Höhe. Die Neigung der Axe der Form ist etwa 40° gegen den Horizont. Die Oberlippe ragt über die Formwand um etwa 0,225 Meter in den Heerd, doch richtet sich dieses Vorragen hauptsächlich nach der Art der angewandten Holzkohle. Die Düse steht um 0,30 bis 0,53 Meter gegen die Formmündung zurück.

Das Wassertrommelgebläse (*trompe*) ist die fast allein angewandte Gebläsemaschine der catalonischen Feuer, wenigstens im Departement Ariége [1]). Es soll 1640 in Italien erfunden sein. Ein solches Gebläse ist in den Figuren 28 bis 33 abgebildet. Es besteht aus einem starken hölzernen Wassersammelkasten *B* von etwa 10 Cubikmeter Inhalt (*paicherou*), dem hölzernen Windkasten *C* und gewöhnlich zwei verticalen Röhren (*arbres*) *A A*, welche die beiden ersteren mit einander verbinden. Die obere Mündung jedes Rohres ist durch zwei flache Holzstücke (*étranguillons*) *b*, die durch die Querlatten *c* festgehalten werden, verengt. Unterhalb der so verengten Mündung sind die Lufteinströmungsöffnungen *e e* angebracht. Der Windkasten hat (wie dies Fig. 30 zeigt) einen trapezoidalen Horizontalquerschnitt. An der breiteren Seite münden von oben die Röhren *A A* ein, an der schmäleren dagegen erhebt sich aus dem Deckel das Windleitungsrohr (*l'homme*) *p* (Fig. 28), welches zuerst mit quadratischem Querschnitt vertical aufsteigt und dann knieförmig umgebogen in eine runde Röhre (*burle*) *O* ausmündet. An diese letztere schliesst sich ein mit der Düse (*canon de bourec*) *s* verbundener Lederschlauch (*bourec*) *r* (Fig. 32). Die Düse ist meist aus Eisen, zuweilen aus Kupfer. Schliesslich ist in dem Deckel des Windkastens noch eine für gewöhnlich durch eine Klappe verschlossene Oeffnung, gross genug, um einem Menschen behufs der Reinigung den Eintritt zu gestatten. An einer Seite des Windkastens befindet sich die Oeffnung *n* zum Abfluss des Wassers, deren Grösse genau regulirt sein muss. Unter den Mündungen der Einfallröhren entlang von Seite zu Seite erstreckt sich eine starke Holztafel (*banquette*) *l*, deren Oberfläche mit Stein oder Gusseisen (*m*) belegt ist.

Wirkungsweise des Wassertrommelgebläses. Wird die die Zuströmungsöffnung verschliessende keilförmige Schütze *d* gehoben, so fällt das Wasser in die Röhren *A*, es entsteht, da dasselbe nicht den ganzen Querschnitt des Rohres ausfüllt, ein luftverdünnter Raum und

[1]) François, p. 286.

Fig. 28.



Wassertrommelgebläse zu Montgaillard (Ariége), nach Richard. 1. Längsschnitt des unteren Endes eines Rohres. 2. Seitenansicht des unteren Endes eines Rohres. 3. Vorderansicht des unteren Endes eines Rohres. 4. Querschnitt eines Rohres.

die Luft strömt durch die Schlitze *e e* nach. Das Wasser gemischt mit Luft gelangt in den Windkasten und wird dort beim Aufschlagen auf die Bank *l* und Zerstieben in feine Strahlen zum grössten Theil von der Luft befreit. Das Wasser strömt durch die Oeffnung *n*, welche stets durch eine hinlänglich hohe Wassersäule bedeckt sein muss, damit nicht zugleich Luft entweiche, der Wind dagegen durch das Rohr *p*.

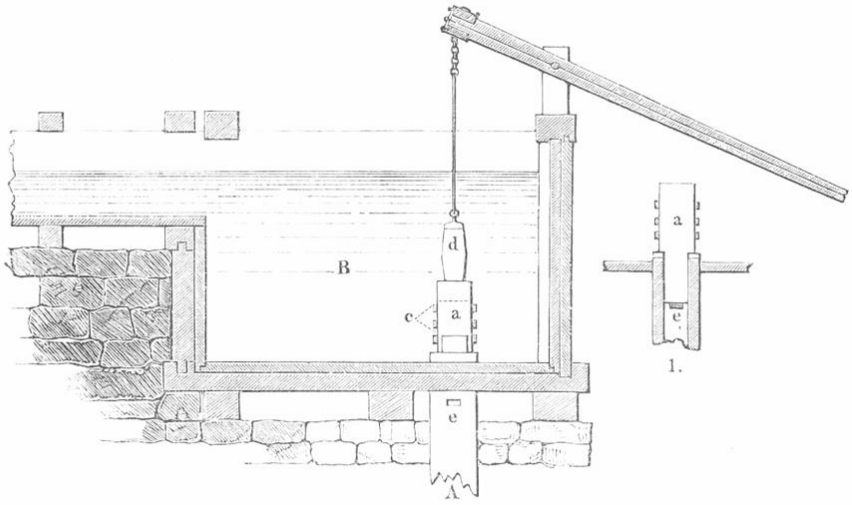
Einzelnheiten der Construction des Sammelkastens ergeben sich aus Fig. 29 (a. f. S.); statt der Zuführungsöffnungen für die Luft *e e* hat man auch die aus Fig. 31 ersichtliche Construction mit röhrenartigen Ansätzen bis über den Wasserspiegel *DE* (*trompilles*). Einzelnheiten des Windkastens sind aus Fig. 30 ersichtlich.

Eine andere einfachere Form des Windkastens, welche einen kreisrunden Querschnitt hat, ist in Fig. 32 im Durchschnitt und Fig. 33 im Querschnitt in Verbindung mit dem Feuer angegeben. Sie wird von den Franzosen *tine* genannt.

Die Menge des erzeug-

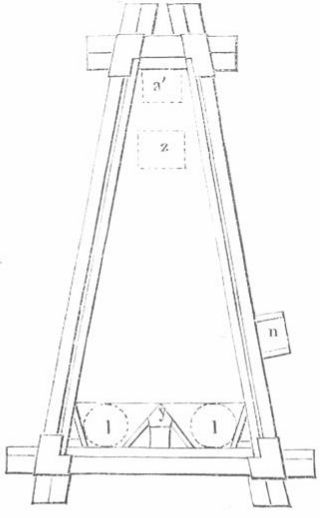
ten Windes kann durch das Wasserquantum, welches durch die Einfall-

Fig. 29.



Wassersammelkasten, Längsschnitt zwischen den Einfallröhren *A A* der Fig. 28.
1. Durchschnitt durch den oberen Theil eines Einfallrohres parallel zu den Hölzern *a a*.

Fig. 30.



Ansicht, worin die punktirten Kreise *l* die Stellung der Einfallröhren zeigen, *z* die des Mannlochs, *a'* die des Windrohres *p*.

Fig. 31.

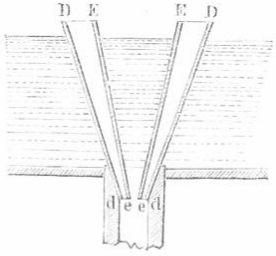
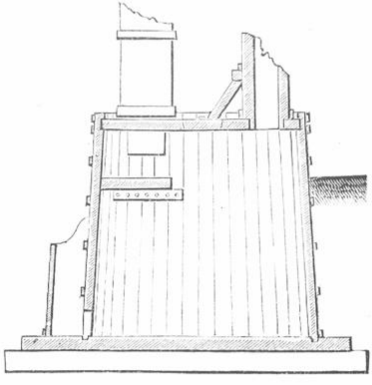
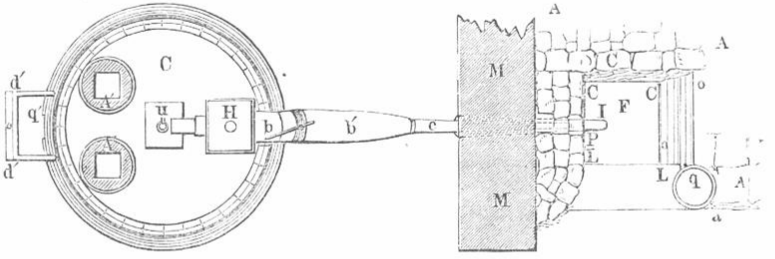


Fig. 32.



röhren strömt, regulirt werden und mithin durch die Schütze (*d* in Fig. 29); diese kann zu dem Zwecke vermittelst eines Hebels vom Feuer aus ge-

Fig. 33.



hoben oder gesenkt werden. Die Pressung des Windes, welche gewöhnlich durch ein Quecksilbermanometer gemessen wird — es kann dasselbe in ein Loch am oberen Ende des Windrohres *p* (Fig. 28) eingesetzt werden — ist bei diesem Gebläse sehr gleichmässig; im Uebrigen aber wesentlich abhängig von der Höhe der fallenden Wassersäule. Im Département d'Ariége ist letztere 9 bis 10 Meter, in anderen Gegenden meist nur 7 bis $8\frac{1}{2}$ Meter; man kann so eine Pressung von 0,0855 bis sogar 0,0945 Meter (3,27 bis 3,61 Zoll) Quecksilber erzielen, begnügt sich indessen meist mit 0,0675 Meter (2,47 Zoll). Weit weniger Einfluss hat nach den Beobachtungen Richard's die Höhe der Wassersäule über der Mündung der Einfallröhren auf die Pressung der Luft.

Vorzüge und Nachtheile des Wassertrommelgebläses. Die Vorzüge des Wassertrommelgebläses beruhen in der Einfachheit seiner Construction, der geringen Kostspieligkeit seiner Unterhaltung und in dem gleichmässigen Windstrom. Dagegen hat es den Nachtheil, stets eine nasse Luft zu erzeugen, nicht nur deshalb, weil letztere mit Feuchtigkeit gesättigt ist, sondern auch weil sie beträchtliche Mengen Wasser mechanisch mitreisst und in das Feuer führt. Diese Feuchtigkeit der Luft hat nun gerade für den vorliegenden Process keinen sehr üblen Einfluss, insoweit dadurch eine Abkühlung hervorgerufen wird, wohl aber insofern, als durch die Wassertheilchen in kälteren Klimaten leicht ein Einfrieren der Windröhren und somit eine Verstopfung oder gar Zersprengung derselben eintritt [1]). Der Wirkungsgrad dieser Art des Gebläses ist zwar nur etwa 0,1 bis höchstens 0,15, nach Rittinger sogar nur 0,05 [2]), d. h. das frei fallende Wasser verrichtet eine 10- oder günstigsten Falls nur 6,6-, nach Rittinger dagegen 20-mal grössere Arbeit, als es für den beabsichtigten Zweck leistet; aber in den Gegenden, wo man überhaupt die Wassertrommel anwendet, ist gewöhnlich reichlicher

[1]) Tunner, die Stabeisen- und Stahlbereitung I, S. 180. — [2]) Oesterr. Zeitschrift f. Berg- u. Hüttenw. Jahrg. 1856. Nr. 35.

Ueberfluss an Wasser vorhanden [1]). Die schönsten Wassertrommelgebläse befinden sich nach Weisbach [2]) zu Lauffen am Rheinfall bei Schaffhausen, wo nicht nur zwei Frischfeuer und ein Stahlfeuer, sondern auch der Hohofen mit Wind versorgt wird.

Berechnung des Wirkungsgrades. Eine theoretische Berechnung des Wirkungsgrades eines Wassertrommelgebläses führt nach Weisbach [3]) auf die Formel:

$$\text{Wirkungsgrad } \eta = \frac{Q^2 a_1 - (Q + Q_1)^2 (k - x)}{Q (Q + Q_1) h},$$

wenn Q die Menge des Aufschlagwassers, Q_1 die eingesaugte Windmenge, a_1 die Höhe der Einfallröhre von den Sauglöchern bis zum Unterwasserspiegel gemessen, k der durch die Höhe einer Wassersäule gemessene äussere Luftdruck, x der auf gleiche Weise gemessene Luft- und Wasserdruck an der Einmündung der Saugröhren in das Fallrohr und h das ganze Gefälle des Gebläses bedeutet; woraus sich ergiebt, dass dieser Wirkungsgrad um so grösser ausfällt, je grösser die Länge a_1 der Einfallröhren, je kleiner die Windmenge Q_1 im Verhältniss zur Wassermenge Q ist und je mehr sich der innere Luft- und Wasserdruck x dem äusseren Luftdruck k nähert und je mehr das Gebläse Gesammtgefälle (h) hat.

Bei einem Fassungsraum des Windkastens (der Trommel) von 20 bis 30 Cubikfuss auf je ein Einfallrohr, 15 bis 30 Fuss Gefälle und einer Aufschlagwassermenge von 2 bis 3 Cubikfuss pro Secunde erhält man in gleicher Zeit $1^1/_2$ bis 4 Cubikfuss Wind von der oben genannten Pressung [4]). Sechs Wassertrommeln, welche von Baumgartel zu St. Johann am Brückel in Kärnten erbaut sind und ein Totalgefälle von 15 Fuss haben, brauchen 15 bis 18 Cubikfuss Aufschlagwasser pro Secunde und liefern in derselben Zeit durch vier Düsen 8 bis 9 Cubikfuss Wind mit 1,8 Zoll Quecksilber Pressung. Ein anderes mit ungefähr 28 Fuss Gefälle liefert bei ungefähr 4 Cubikfuss Aufschlagwasser $3^1/_2$ bis 4 Cubikfuss Wind aus einer Düse, von derselben Pressung wie die vorherigen. Tunner [5]) stellt diese als Beispiele vorzüglich construirter Wassertrommelgebläse hin, obgleich auch sie nicht ganz fehlerfrei seien.

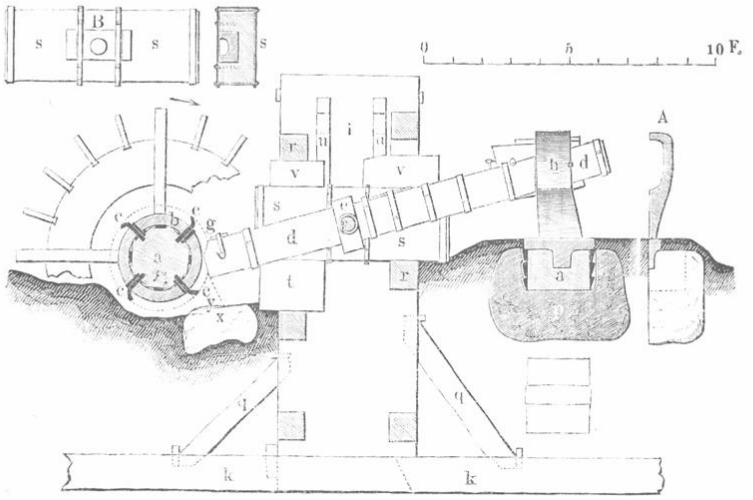
Hammer und Amboss (*hammer and anvil*). Der Hammer (Fig. 34), welcher durch ein Wasserrad bewegt wird, ist in der Regel ein Schwanz-

---

[1]) Vergl. Expériences faites sur la trompe du ventilateur des mines de Rancié, suivies de quelques observations sur les trompes en général. Par M. d'Aubuisson, Annal. des mines 2. s. 4. 1828. p. 236 u. 244, ferner Expériences faites sur les trompes des forges de Vic-Dessos (Ariége), Annal. des mines 8. 1823. p. 595. — [2]) Lehrb. d. Ingenieur- u. Maschinenmechanik. III. 2. Abthl. S. 1184. — [3]) Op. cit. S. 1186. — [4]) Loc. cit. 1184. Vergl. auch Karsten, Arch. Bd. 8 und Magnus, Ueber die Bewegung der Flüssigkeiten, in dem Ber. der königl. Akad. der Wissenschaften zu Berlin. 1848. — [5]) Stabeisen- und Stahlbereitung I, 186.

hammer, d. h. ein Hammer, dessen Drehpunkt (*f*) am Helm (*stale*) *d* zwischen dem Hammerkopf (*head*) *h* und dem Angriffspunkt am Ende

Fig. 34.



des Helms (dem Schwanz, *tail*) *g* liegt, welcher also ein zweiarmiger Hebel ist. An der Wasserradwelle (*a*) sind vier Däumlinge oder Frösche (*cams*) *c c* befestigt, welche den Schwanz herabdrücken und dadurch den Hammerkopf heben. Der Hammerhelm (*d d*), welcher gewöhnlich aus Buchenholz besteht und mit Eisenbändern verstärkt ist, hat 4,30 Meter Länge, die Hubhöhe des Hammerkopfes beträgt 0,35 bis 0,47 Meter und wird durch ein am Schwanze befestigtes Stück Buchenholz von grösserer oder geringerer Dicke (*g*), welches die Stösse der Frösche aufnimmt, normirt. Die Zapfen (*pivots*) des Hammers (*f*) laufen in Lagern von Schmied- oder Gusseisen (*B*), welche in starke eichene Blöcke (*s*) eingelassen sind. Letztere sind in dem gleichfalls eichenen Hammergerüst *i q r k* durch Keile (*v* und *w*) befestigt. Der in die Hüttensohle unterhalb des Schwanzes eingelassene, mit einer Eisenplatte (*y*) bedeckte Stein (*x*) dient als Prellstock, zur Beschleunigung des Herabfallens, und bewirkt, dass man 100 bis 125 Schläge in der Minute geben kann.

Der Amboss (*z*) besteht aus Eisen, welches mittelst einer vorspringenden Feder (*projecting piece, tenon*) in einem schweren gusseisernen Block (*a*) befestigt ist. Letzterer ruht auf dem Steinblock *p*.

Arbeiter. Zu einem catalonischen Feuer gehören acht Frischer (*forgemen*, engl., *forgeurs*, fr.). Die Arbeiten vertheilen sich folgendermaassen: Ein Obermeister (*foreman*, engl., *foyer*, fr.) steht an der Spitze, baut das Feuer, beaufsichtigt das Gebläse und schmiedet nebenbei zum Theil das Eisen zu Stäben aus. Ihm steht ein Gehülfe zur Seite. Ein Hammerschmied

(*hammerman*, engl., *maillé*, fr.) hat die mechanischen Vorrichtungen (Wasserrad, Hammer, Gezähe) in Ordnung zu halten und das Zängen (*shingling*) der Luppe zu leiten, und mit dem Obermeister das Eisen zu Stäben zu schmieden. Zwei Frischer (*smelters*, engl., *escolas*, fr.) leiten abwechselnd je eine Charge des Luppenfrischprocesses, jeder unterstützt von einem Gehülfen. Ausserdem sind noch zwei Leute für den kaufmännischen Theil des Betriebs (*businessmen*) vorhanden, deren einer (*keeper*) die Materialien- und Productenverwaltung führt, während der andere (*manager*) die mercantilen Arbeiten des Geschäftes leitet.

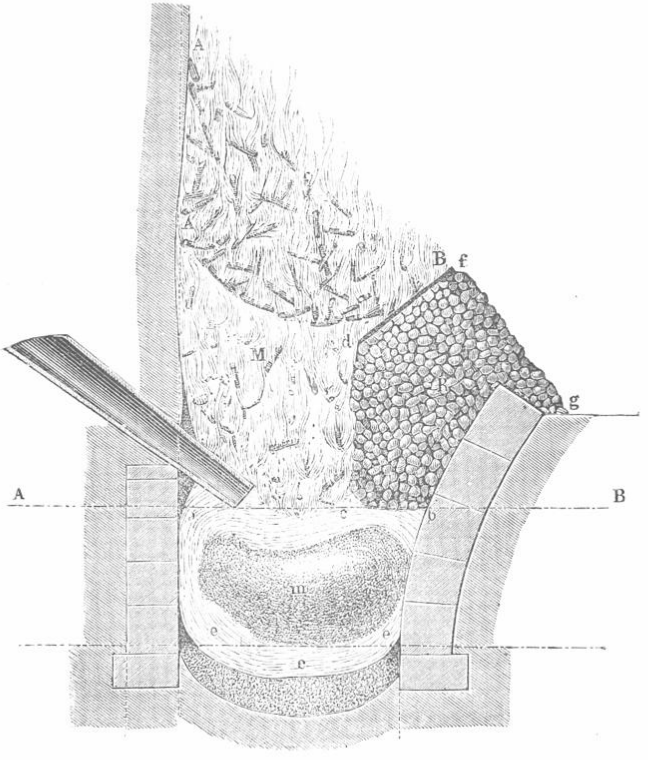
Ausführung des Processes. Eine abgewogene Charge von 12 Quintals oder 487 Kilogramm, d. h. 974 Pfund Erz wird unter dem Hammer zu mehr oder weniger grobem Pulver und Stücken von nicht über 0,05 bis 0,06 Meter Durchmesser zerkleinert und dann durch Sieben in Stücke (*lumps*, engl., *mine*, fr.) und Erzklein (*powder*, engl., *greillade*, fr.), welches letztere eine grössere Menge erdiger Beimengungen enthält, getrennt. Die Zwischenräume des Siebes haben 0,01 Meter Weite. Das Erzklein wird stark mit Wasser angefeuchtet zur Rechten des Feuers in passender Entfernung aufgehäuft. Bei gutem Brauneisenstein kann das Erzklein wohl bis zur Hälfte des gesammten Rohmaterials steigen [1]). Aus dem Feuer, welches noch von der vorigen Charge so heiss ist, dass die Zacken zum grossen Theil rothglühend sind, werden die darin befindlichen glühenden Kohlen und Rückstände zuvörderst herausgeschafft, d. h. das Feuer wird gereinigt (*cleaned*, engl., *nettoyé*, fr.). Hierauf wird es mit frischer Holzkohle, welche durch ein schaufelähnliches Instrument zusammengestossen (*packed*, engl., *tassé*, fr.) wird, bis zur Formhöhe (*a b* in Fig. 35) gefüllt. Hierauf theilt man das Feuer vermittelst einer langen und breiten Schaufel in zwei Theile, in der Weise, dass beide durch eine den Formzacken parallele Ebene begrenzt werden und der nach diesen Zacken zu gelegene etwa $^2/_3$ des ganzen Heerdraumes umfasst. In diesen Theil (also links der Schaufel) werden noch mehr Holzkohlen geworfen und zusammengestossen, wogegen auf der Gichtzackenseite nur noch wenige Kohlen nachgeworfen werden und dann der ganze Inhalt dieses Theils mit einem flachen Werkzeug stark zusammengepresst wird. Auf dieses feste Bett von Holzkohle kommt nun eine Lage Erz. Eine neue Kohlenschicht wird links von der eingesteckten Schaufel nach der Formseite zu, eine zweite Erzschicht rechts nach der Gichtseite zu aufgepackt und ebenso eine dritte Kohlen- und Erzschicht, worauf die Schaufel geschickt parallel dem etwas nach aussen geneigten Gichtzacken herausgezogen wird und nun zwei Mauern von Kohle (*M*, Fig. 35) und Erz (*R*) gegen einander stossend zurückbleiben. Der obere Theil der Erzmauer hat in Folge dessen zwei Böschungen, deren eine nach der Formseite zu gelegene (*d f*) mit angefeuchteter Kohlenlösche bedeckt wird, während die

[1]) François, p. 271.

andere (fg) mit dem natürlichen Böschungswinkel der Erzstücke auf die Heerdplatten nach der Aussenseite des Feuers zu fällt. Schliesslich wird der zwischen der oberen Kante der Erzwand (f) und der Formwand gelegene Raum noch mit Kohlenklein gefüllt und darauf wieder feuchte Kohlenlösche geschlagen. Dann wird das Gebläse angelassen.

Die nebenstehende Fig. 35, welche aus François' Werk Pl. V. Fig. 1 entlehnt ist, zeigt ein solches catalonisches Feuer zwar bereits in Thätigkeit, aber die eben beschriebene Anordnung ist daraus sehr gut ersicht-

Fig. 35.



lich. Vorausgesetzt, der Heerd ist richtig construirt und gut geleitet, so entweichen sehr bald aus dem nicht mit Holzkohle bedeckten Theile der Erzwand fg zahlreiche blaue Flämmchen. Zeigen sich solche an der Böschung zur Linken fd, so wird sofort feuchte Kohlenlösche aufgeschlagen. Nach wenigen Minuten, während welcher das Schlackenloch im Vorderzacken mit Thon geschlossen wird, schwächt man das Gebläse (auf 0,027 Meter Quecksilber) ab. Um den nun folgenden (nach Richard's Angaben) beschriebenen Verlauf der Arbeit zu

verstehen, ist es nöthig vorauszuschicken, dass das Eisen schliesslich in Gestalt eines grossen Klumpens oder Deuls (*loupe* oder *massé*) unterhalb der Form gewonnen wird, dass dieser darauf unter einem schweren Hammer (*helve*) gezängt und in drei Stücke oder Schirbeln zerschroten wird, deren mittleres *massoque* heisst, während die beiden anderen den Namen *massoquettes* führen. Diese Schirbeln werden während der fortschreitenden Erzreduction in demselben Feuer mehrfach erhitzt, wozu den nöthigen Raum die Formseite des Feuers gewährt, und zu Stäben ausgeschmiedet. Von dieser gleichzeitigen Arbeit kann bei der folgenden Beschreibung abgesehen werden.

In den in vollen Betrieb gesetzten Heerd wird jetzt der Wind mit ganzer Stärke (also etwa 0,0812 Meter Quecksilbersäule) eingelassen. Sowie Kohle und Erz herabsinken, werden sie durch neues Material von Zeit zu Zeit ergänzt, wobei das Erz im Zustande des Erzkleins (*greillade*) aufgegeben wird. Jede neue Gicht wird mit Wasser besprengt. Diese Operationen, die erste Periode des Processes, dauern ungefähr 1 Stunde und 13 Minuten. Nach den ersten 8 Minuten dieser Periode wird der Wind wieder auf eine Pressung von 0,0361 Meter abgeschwächt und bleibt auf derselben. Am Schlusse der Periode wird der Wind dagegen auf 0,0451 Meter verstärkt. Der Heerd wird (bei Beginn der zweiten Periode) noch einmal mit Holzkohle und Erzklein beschickt und dann nach 1 Stunde 46 Minuten eine kleine Menge gröblich zerschlagener Gaarschlacke von dem letzten Deul an Stelle des Erzes aufgegeben. Nach 1 Stunde 59 Minuten wird das Schlackenloch zum ersten Male geöffnet und die gebildete Rohschlacke (*tap-cinder*, engl., *scories lourdes*, fr.) abgestochen, mit Wasser abgekühlt, in den Heerd zurückgebracht und mit Holzkohle bedeckt.

In 2 Stunden 22 Minuten wird der Wind plötzlich auf 0,0632 Meter Quecksilbersäule verstärkt und hiermit die dritte Periode begonnen. Das Erz in Stücken (*mine*) wird nun zum ersten Male in das Feuer gebracht, indem ein Stab zwischen den Gichtzacken und das darüber liegende Erz gebracht und von letzterem etwas in den Heerd geworfen wird. Dies nennt man „*donner la mine.*“ Inzwischen werden noch Holzkohle, Erzklein und Wasser von Zeit zu Zeit aufgegeben. Nachdem abermals Schlacke abgestochen und dann das Schlackenloch offen gelassen, fängt sich (nach 2 Stunden 56 Minuten) die Flamme an weisslich zu färben, ähnlich wie wenn man Eisen in Sauerstoffgas verbrennt. Sofort wird nun das Schlackenloch geschlossen.

Nach 3 Stunden 4 Minuten lässt man die Pressung des Windes auf 0,0722 Meter Quecksilbersäule steigen und die vierte Periode beginnt. Dieselben Operationen wiederholen sich. Von der abgestochenen Schlacke wird die sehr schwere in das Feuer zurückgebracht. Jetzt (nach 3 Stunden 33 Minuten) ist auch das Ausschmieden der Schirbeln von der vorigen Arbeit vollendet. Merkwürdig ist das Auftreten eines gelben Pulvers, welches die Kohlen stets gegen Ende der vierten Stunde bedeckt.

Die fünfte Periode beginnt nach 3 Stunden 50 Minuten mit Erhöhung der Windpressung auf 0,0812 Meter Quecksilbersäule. Holzkohle und Erzstücke werden von Zeit zu Zeit zugeführt. Die Flamme ist etwas weniger blau geworden, die Holzkohle ist überall an der Oberfläche des Heerdes in Brand, der ganze Erzwall ist unter der Holzkohle verschwunden. Nach 3 Stunden 59 Minuten wird Schlacke abgestochen und die Flamme schlägt mit starkem Geräusch aus dem Schlackenloch. Nach 4 Stunden 19 Minuten kann man bereits erkennen, dass der Deul eine beträchtliche Grösse unter der Holzkohlendecke einnimmt. Holzkohle wird jetzt reichlich aufgeschüttet, die Schlacke, welche nun sehr eisenarm (*maigre*) ist, wird von Zeit zu Zeit abgestochen und neues Erz von der Gichtseite eingeführt. Nach 5 Stunden 29 Minuten bricht der Frischer die Ecken des Deuls am Vorderzacken ab und stösst die im Heerde zwischen den Holzkohlen zerstreuten kleinen Stücke Eisen zusammen, um sie mit dem Deul zu vereinigen. Diese Operation heisst das Deulmachen (*la baléjade*). Nach 5 Stunden 38 Minuten bricht der Frischer die übrigen noch vorspringenden Ecken und Unebenheiten des Deuls los, entfernt alle an den Heerdwänden anhängenden Eisentheile und vereinigt sie mit der Hauptmasse. Nach 5 Stunden 43 Minuten wird die Flamme plötzlich weiss und sehr hell, was, wie die Frischer sich ausdrücken, ein Zeichen ist, dass das Eisen sich selbst verzehrt oder verbrennt (*se mange*). 6 Stunden 3 Minuten nach Anfang der Operation wird das Gebläse abgestellt und die Düse zurückgezogen. Die den Deul bedeckende Holzkohle wird auf die Heerdplatten an der Gicht gezogen und mit Wasser ausgelöscht. Eine starke Brechstange wird nun durch das Schlackenloch unter den Deul eingeführt und der letztere durch Wuchten nach und nach gelüftet und dann (wie dies Fig. 27 zeigt) mit anderen Brechstangen von oben herausgehoben.

Die hier angeführten Zeiten sind etwas länger als bei ganz regelrechtem Verlauf nöthig, was daher rührt, dass bei diesem von Richard gewählten Beispiel die Form etwas fehlerhaft war, in Folge dessen auch mehr Holzkohlen aufgingen.

Die ganze Charge (*fire* oder *heat*) dauerte also 6 Stunden 3 Minuten. Es wurden dabei nach Richard 106,62 Kilogramm = 213,24 Pfund Wasser verdampft, wovon 51,5 Kilogrm. oder 103,0 Pfd. aufgespritzt wurden, während das Uebrige aus dem Material stammte. Die gesammte Windmenge betrug 2800,03 Kilogrm. = 5600,06 Pfd., oder durchschnittlich pro Minute 1,27 Kilogrm. = 2,54 Pfd. An Holzkohle wurden 544,7 Kilogrm. = 1089,4 Pfd. oder nach dem Volumen 2,412 Cubikmeter = 78,018 Cubikfuss verbraucht. An Erz wurden ungefähr 487 Kilogrm. = 974 Pfd. verbraucht und lieferten 151,6 Kilogrm. = 303,2 Pfd. Stabeisen.

Nach François werden in den catalonischen Feuern von Ariége im Allgemeinen 100 Kilogrm. verkäufliches Stabeisen aus 312 Kilogrm.

Erz erhalten, bei einem Aufgang von 340 Kilogrm. Holzkohlen und einer Zeitdauer von 6 Stunden pro Charge.

Nach Richard geben bei guter Arbeit dagegen 100 Gewichtstheile Erz 31 Thle. Stabeisen und 41 Thle. Schlacken mit 30 Proc. Eisen [1]). Nach demselben Autor erfolgten in dem Feuer zu Ressecq von 100 Thln. Erz 31,2 Thle. Stabeisen und 50,2 Thle. Schlacke oder 31 Thle. Stabeisen und 51,8 Thle. Schlacke. Dabei hatte man die Schlacken vor dem Wägen sorgfältig von anhängendem Schmutz befreit und sie getrocknet. Da die Schlacken grösstentheils zur Halde gehen und seit Jahrhunderten auf Wegen und in Wasserläufen zerstreut liegen, so kann man auf den Verlust an Eisen schliessen. Richard berechnete von den 40 Feuern im Ariége-Departement bei 1000 Chargen jährlich einen Eisenverlust in derselben Zeit durch die Schlacken von 2,400,000 Kilogramm oder 48,000 Centner.

Ein guter catalonischer Deul ist ein mehr oder weniger kugelförmiger Klumpen, glatt an der Aussenseite und frei von unregelmässigen Vorsprüngen und Ansätzen; seine obere Fläche zeigt eine der Richtung der Form entsprechende Einsenkung. Die Charaktere der Schlacken geben wichtige Kennzeichen für den Gang des Feuers. Sie sind im Allgemeinen bläulich-schwarz, müssen leicht fliessen und nach dem Abschrecken mit Wasser leicht und zerreiblich sein. Fliessen sie träge oder werfen sie bei der Berührung mit der Luft Funken, so ist das ein Zeichen, dass sie metallisches Eisen mechanisch eingeschlossen enthalten. Da indessen die zuerst abgestochenen Schlacken häufig viel Eisen enthalten, so werden sie in das Feuer zurückgegeben.

Bei einem guten Ofengange muss das Auge der Form helle, weisse Gluthfarbe zeigen.

Theorie des Processes. Richard und François haben die allmälig eintretenden Veränderungen, welche in dem catalonischen Feuer vor sich gehen, sorgfältig in den einzelnen Perioden des Processes geprüft und zu diesem Zwecke wurden Feuer von gleichem Gange zu verschiedenen Zeiten zwischen Anfang und Ende der Charge ausgelöscht. Das Folgende gründet sich wesentlich auf diese sehr genauen Beobachtungen, von denen die von François angestellten namentlich die Erscheinungen, die das Erz bei der Untersuchung unter dem Mikroskop zeigt, umfassen.

In Folge des eigenthümlichen Aufbaues des Erzwalles, dessen Stücke nur allmälig in das Feuer geführt werden, müssen die gasförmigen Producte der Verbrennung so viel wie möglich denselben durchdringen, da die Zwischenräume zwischen den einzelnen Erzklumpen keinen erheblichen Widerstand bieten. Kohlenoxydgas ist nun der Hauptbestandtheil dieser Gase und dasselbe wird das Erz in grösserem oder geringerem Grade reduciren, bevor es auf den Boden des Heerdes gelangen kann. Das Erz,

[1]) Op. cit. 154.

welches Brauneisenstein ist, verliert zuerst bei verhältnissmässig niedriger Temperatur sein Hydratwasser und wird dadurch porös und zugänglich für die Gase. Deshalb ist auch gerade dies Erz so vorzüglich für den vorliegenden Process geeignet [1]). Die Reduction wird in dem Erzwall allmälig von seiner Basis nach den oberen und äusseren Theilen zu fortschreiten und man wird daher zwischen diesen Grenzen alle Zustände vom metallischen Eisen bis zum unveränderten Erze vorfinden müssen.

Mit dem Niedergange in den Heerd wird das Erz einer entsprechend wachsenden Temperatur ausgesetzt, welche zuletzt hoch genug steigt, um die Verbindung der Kieselsäure mit den Erdbasen und einer nicht unbeträchtlichen Menge von Eisenoxydul zu einer sehr flüssigen Schlacke zu gestatten. Die Theilchen des reducirten Eisens vereinigen sich bei der eingetretenen Schweisshitze zu einem porösen Klumpen, dem Deul, welcher noch immer eine beträchtliche Menge Schlacke beigemengt enthält. Auch das Erz, welches im feinen Zustande als Greillade in den Heerd gebracht wird, erleidet eine Reduction bei gleichzeitiger Schlackenbildung und das Eisen vereinigt sich mit der Hauptmasse. Durch die heftigen und wiederholten Hammerschläge wird schliesslich die Schlacke aus dem Deul ausgetrieben und eine dichte Eisenmasse erzielt.

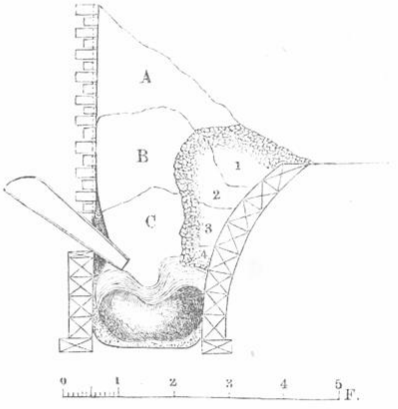
Da das Erzklein (*greillade*) sich im Zustande groben Pulvers befindet, so bietet es der reducirenden Wirkung des aufsteigenden Kohlenoxydgasstromes und der glühenden Holzkohle, mit der es in Berührung kommt, eine grosse Oberfläche dar, und es wird sich daher schnell reduciren, worauf die kleinen gebildeten Eisentheilchen hinabsinken und sich zu einer Masse am Boden des Feuers ansammeln werden, ehe noch die Eisenerzstücke reducirt werden. Diese erste Eisenmasse wird Sauer (*principe du massé*, Urdeul) genannt; sie bildet eine dünne Lage über dem Heerdboden und nimmt die nachher niedergehenden Stücke reducirten Eisens auf. Es ist von Wichtigkeit, dass dieser Sauer sich in dem Mittelpunkte des Heerdes, d. h. weder zu hoch, noch zu tief, dagegen etwas mehr nach dem Hinterzacken zu ansammele. Sollte sich der Sauer schlecht angelegt haben, z. B. dicht an einem der Zacken, so muss er aufgebrochen und die Bildung eines neuen, besser gelegenen bewirkt werden [2]). Zuweilen bilden sich zwei oder mehrere Sauer, aber dann kann ein guter und gleichartiger Deul nicht erhalten werden.

François hat den Ofen in mehrere verschiedene Zonen eingetheilt, welche den vorwaltenden chemischen Reactionen entsprechen sollen. Obgleich diese Zonen, wie sie Fig. 36 (a. f. S.) darstellt, nach den allmäligen und regelmässig auf einander folgenden Veränderungen, welche das Erz erleidet, angenommen und in der That in dieser Art in einem gut arbeitenden catalonischen Feuer vorhanden sind, so können sie doch je nach dem Gange des Feuers, der Art der Erze, der Menge von Holzkohlen und der Stärke des Gebläses sich sehr verschiedenartig gestalten. Wenn

[1]) François, p. 228. — [2]) François, p. 45.

man die Stückerze nun in Betracht zieht, so waltet in der Zone Nr. 1 die Röstung derselben vor, in Nr. 2 lässt sich Reduction und das Auftreten von Häutchen metallischen Eisens wahrnehmen, in Nr. 3 nimmt die Reduction überhand, Kohlung beginnt und zugleich die Verschlackung und Schmelzung der erdigen Substanzen. In Nr. 4 findet die schliessliche lebhafte Reduction, Schmelzung der erdigen, verschlackten Substanzen und zugleich Kohlung statt [1]).

Fig. 36.



Mit Rücksicht auf das Erzklein findet schon in Zone *A* (etwa 0,20 Meter unter der Oberfläche) Röstung und Reduction vorwaltend statt, in *B* (welche bis zu 0,50 Meter herabgeht) sind Reduction und Schlackenbildung die charakteristischen Vorgänge; in *C*, welche das gebildete Schlackenbad (siehe Fig. 36) mit einschliesst, werden Reduction und Schmelzung vollendet [2]). Am oberen Theil der Zone Nr. 1 befindet sich das Erz noch in einzelnen Stücken, welche zwar die Form des rohen Materials, aber weder dessen Farbe noch Textur haben. Die Farbe nämlich ist aus dem Ockerroth in Blauschwarz mit schwachem Metallglanz übergegangen, die Textur ist dichter und feinkörniger geworden. Auf der ganzen Oberfläche jedes Erzstückes zeigen sich Risse und Sprünge, welche sich bis zu beträchtlicher Tiefe hinabziehen und jedes einzelne Bruchstück ist magnetisch. Die Gegenwart des Oxydoxyduls zeigt sich besonders durch die dichte und feinkörnige Textur und die blauschwarze Farbe an der Aussenfläche der Stücke und an den Seiten der Spalten, kurz derjenigen Theile, die am meisten der reducirenden Einwirkung ausgesetzt waren; die Lage des gebildeten Oxydoxyduls wird um so stärker, je tiefer das Stück in Zone Nr. 1 hinabrückt. Ist das Erz sehr zerklüftet, so wird es ganz und gar aus Eisenoxyd in Oxydoxydul übergeführt, ehe noch Eisen reducirt wird; wenn es dagegen sehr dicht und compact ist, so zeigt sich schon metallisches Eisen an der Oberfläche, während der innere Theil noch nicht ganz umgewandelt ist.

François theilt die folgende Analyse einer Mischung mehrerer Erzstufen verschiedener Grössen aus dem mittleren und unteren Theil der Zone Nr. 1 mit, wobei noch zu bemerken ist, dass sich das specifische Gewicht des rohen Erzes von 3,650 auf 4,545 erhöht hatte:

[1]) Op. cit. 226 bis 246. — [2]) Op. cit. 246.

Eisenoxyd	49,21
Eisenoxydoxydul	26,95
Manganoxydoxydul (Mn_3O_4) . .	4,12
Kalk und Magnesia	6,00
Thon und Quarz	12,55
Röstverlust (O und CO_2)	1,05
	99,88.

Chemisch gebundene Kieselsäure war kaum mehr als im rohen Erze vorhanden. Die kohlensauren Salze waren noch nicht vollständig ihrer Kohlensäure beraubt und Manganoxyd noch nicht vollständig in Manganoxydoxydul verwandelt [1]).

Unterhalb der Trennungslinie zwischen Zone 1 und 2 sind die Erzstücke oberflächlich mit einer dünnen Eisenhaut bekleidet, welche sich auf dem Bruche deutlich sehen lässt und welche mit zunehmender Tiefe auch an Stärke wächst, nämlich von 0,001 bis 0,003 Meter. Unter dem Mikroskop zeigt sich diese Haut als eine verwirrte Anhäufung von Eisentheilchen und unvollständig ausgebildeter Schlacke. Der Kern des Stückes unter dieser Haut ist blauschwarz, schwach verglast, von Fettglanz und unebener Textur [2]). Auf dem Bruche zeigen sich noch Spuren der Hauptspalten und die metallischen Theilchen, welche ihre Seiten besetzten, sind noch in dem das Innerste bildenden Kern sichtbar [3]).

François hat die folgenden Analysen des Erzes aus dieser Zone mitgetheilt, wobei zu bemerken ist, dass das specifische Gewicht von Nr. 1 = 4,695, von Nr. 2 = 5,250 war.

	1.	2.
Metallisches Eisen	1,04	4,15
Eisenoxyd	22,91	11,23
Eisenoxydul	59,21	60,83
Manganoxyd	4,02	5,50
Kalk und Magnesia	5,20	9,93
Thon	4,55	
Gebundene Kieselsäure . . .	2,10	8,47
	99,03	100,11

Nr. 1 ist aus dem mittleren, Nr. 2 aus dem unteren Theil der Zone entnommen. Interessant ist das zunehmende Verhältniss der gebundenen Kieselsäure, besonders bei Nr. 2, wo fast die gesammte Kieselsäure sich schon in diesem Zustande befindet.

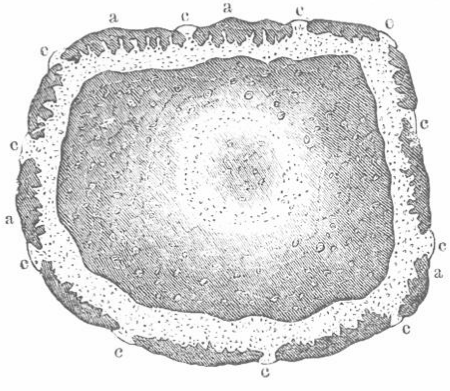
François fing auch die Gase aus der zweiten Zone auf und fand in ihnen Kohlensäure, obschon in geringerer Menge als in der ersten. Uebrigens giebt derselbe auch an, dass die Flamme eine grosse Menge mechanisch fortgeführten Holzkohlenstaubes enthalte. Richard [4]) erzählt, dass solche Holzkohle das ganze Dach der Hütte mehr als einen

[1]) François, p. 229. — [2]) A texture rugueuse, runzliger Textur. — [3]) Noyées dans la pâte intérieure. — [4]) P. 160.

halben Fuss hoch bedeckt und in eigenthümlich gestalteten Stalaktiten von der Feuerwand über den Formzacken herabhängt.

In der dritten Zone greift nun die Reduction stark um sich. Die Erzstücke sintern jetzt mit ihren Kanten zusammen, ohne wesentlich ihre Form zu verlieren. Das metallische Häutchen bildet sich zu einer wirklichen Kruste von 0,002 und mehr Meter aus. Der Kern geht in eine weiche Masse über und zeigt sich vollständig verschlackt und aufgetrieben, namentlich in der Nachbarschaft der metallischen Kruste. In dem tieferen Theil dieser Zone, wo die Temperatur etwa 1000° C. sein soll, schreiten die beschriebenen Vorgänge rasch vorwärts und die Stücke mit ihrer Kruste runden sich ab. Schlägt man jetzt ein solches Stück entzwei, so zeigt sich stets eine schlackige, etwas metallische Masse innerhalb einer schmiedbaren Hülle von dunkelgrauer Farbe und häufig dem Aussehen und dem Korne des weissen Roheisens, *aaa* in Fig. 37.

Fig. 37.



François beschreibt dies stahlartige Eisen (*fer aciéreux*), als verunreinigt durch schlackige und oft krystallinische Substanzen. Die äussere Oberfläche ist besetzt mit Tropfen einer schmutzig grünlich-gelben Schlacke, welche durch die Poren der Hülle geschwitzt, oft mit blossem Auge, stets unter der Lupe sichtbar ist und in Fig. 37 die Bezeichnung *ccc* erhalten hat. Die Innerfläche der Kruste ist mit sich verzweigenden stalaktitenartig vorspringenden Eisentheilchen (*aaa*) besetzt, welche das Anwachsen des metallischen Eisens von innen heraus anzeigen. Die innere Masse nämlich setzt bei fortschreitender Reduction Eisen an diese Vorsprünge ab, deren Enden in eine sehr flüssige und aufgeblähete chokoladenfarbige Schlacke eingetaucht sind, die reich an mikroskopischen Kügelchen metallischen Eisens ist. Der innerste Kern hat eine metallisch schwarze Farbe, ist glasig und vollständig verschlackt. Er ist erfüllt von Metallkügelchen und zeigt zahlreiche mikroskopisch kleine kugelförmige Hohlräume, deren Zahl und Grösse nach Aussen zu wächst. Die Hohlräume beweisen, wie François bemerkt, die Entwicklung und das Aufsteigen von gasförmigen Producten.

François hat die folgende Analyse des inneren Kerns eines Erzstückes in diesem Stadium mitgetheilt, welchen er als halbgeflossen, blasenreich, teigig, von metallschwarzer Farbe und glasiger Textur beschreibt und dessen mittleres specifisches Gewicht er zu 4,699 fand.

Kieselsäure	27,50
Eisenoxydul	41,20
Manganoxydul	11,65
Kalk	9,60
Magnesia und Thonerde	2,50
Metallkugeln	7,55
	100,00

Die metallische, als stahlartiges Eisen bezeichnete Kruste, welche mit etwa 30 Proc. Schlacke gemischt war, hatte ein specifisches Gewicht von 5,540 bis 5,941. Diese beigemengte Schlacke zeigt unter der Lupe meistentheils Krystalle und besteht aus einem Singulosilicat ($3\,RO, SiO_3 = 2\,RO, SiO_2$). Die innerhalb der metallischen Kruste befindliche Schlacke hat ähnliche Charaktere, aber ist stets mit mikroskopischen kleinen, verzweigten Eisentheilchen angefüllt, und ist daran reicher, je näher sie an dem inneren Kerne liegt.

Das in der Zone 3 gesammelte Gas brannte mit der blauen Farbe des Kohlenoxydgases und enthielt nur eine sehr kleine Menge Kohlensäure und etwas Wasserstoffgas.

In der vierten Zone, deren Temperatur auf 1200 bis 1300° C. geschätzt wird, platten sich die Stücke ab und die Schlacke, mit welcher die metallische Kruste verunreinigt war, schmilzt ab, während die einzelnen Eisentheilchen, die bei der herrschenden Schweisshitze in Berührung kommen, sich zu einer schwammigen Masse vereinigen. Nach François hängt der Grad der Reduction, Schmelzung und Entwicklung der Eisenkruste von dem mehr oder weniger zerklüfteten Zustande des Erzes ab, welchen es in den beiden ersten Zonen angenommen hatte. Ist das Erz zu dicht oder fehlt es an den nöthigen Bestandtheilen (namentlich an Kieselsäure), um ein Singulosilicat zu bilden, so verzögert sich die Bildung der Kruste, welche ungleichmässig wird und eine zähe Schlacke einschliesst, so dass die Reduction sich verlangsamt. Das specif. Gewicht schwankt in Folge dessen zwischen 4,210 und 5,567. Ist das Erz dagegen gut aufgelockert, so bildet sich eine gleichmässige Kruste von dichter Textur, deren specifisches Gewicht bis zu 7,063 steigt, welche wenige und leicht schmelzbare Schlacke enthält, zumal wenn Basen, wie Manganoxydul, zugegen sind. In dem erstern Falle kommt es oft vor, dass der Erzklumpen in die vierte Zone eintritt und erst eine schwache Eisenhaut besitzt und dann sofort schmilzt und in das Schlackenbad am Boden des Heerdes im Zustande eines sehr basischen Silicates fliesst, wovon die Folge natürlich eine sehr unvollkommene Reduction ist. Ebenso wie eine zu geringe Menge Kieselsäure, so kann auch eine zu grosse Menge Kalk zu dieser Erscheinung Veranlassung geben. — An der unteren Grenze der vierten Zone sind die Eisentheile der Kruste schon in grossem Maassstabe fest vereinigt.

François bemerkt, dass die das Bad am Boden des Feuers bildende Schlacke immer basischer als ein Singulosilicat sei in Folge der innigen

Berührung mit metallischem Eisen, dass sie sich aber bei einem in gutem Gange befindlichen Feuer stets im Durchschnitt der Zusammensetzung eines Singulosilicates nähere.

François hat die folgenden Analysen der metallischen Kruste von Stücken aus der vierten Zone mitgetheilt.

	1.	2.	3.
Specifisches Gewicht	6,140	6,215	7,063
Metallisches Eisen	76,095	78,675	83,100
Schlacke	23,100	20,400	15,620
Kohlenstoff	0,605	1,055	1,250

Nr. 1 ist aus einem Feuer entnommen, welches gewöhnliches weiches Eisen (*fer doux ordinaire*) lieferte, Nr. 2 und 3 aus einem Feuer, welches auf Feinkorn- oder stahlartiges Eisen (*fer fort*) arbeitete. In diesen Proben hatte die Kohlung schon in bedeutendem Maasse um sich gegriffen und das geschieht, wenn sich kein unreducirter Kern mehr vorfindet und in Folge dessen kein sehr basisches Silicat gebildet werden kann, welches durch Reduction eines Theils des oxydirten Eisens das anliegende gekohlte Eisen wieder entkohlen kann, ein Vorgang, der bei der Darstellung des Schmiedeisens aus Roheisen durch den Frischprocess noch ausführlicher erläutert werden wird.

Das Gas, welches aus dieser Zone aufgefangen wurde, verbrannte mit der blauen Flamme des Kohlenoxydgases und enthielt nur Spuren von Kohlensäure.

Bei der Reduction des Erzkleins (*greillade*) treten dieselben Erscheinungen in derselben Reihenfolge auf wie bei der Reduction der an der Gichtzackenseite niedersinkenden Erzstücke, aber die Vorgänge folgen sich weit schneller, da nur kleine Erzstückchen mit einem zu ihrer Oberfläche geringen Inhalt der Einwirkung der Hitze und der Reduction unterliegen. Die allgemeine Charakteristik der Zonen *A*, *B* und *C* war schon oben gegeben; es bleibt hier nur noch Einzelnes zu erwähnen übrig. In der Zone *B* überziehen sich die Holzkohlen, welche sich zwischen den Stückchen des bereits in Folge eingetretener Schlackenbildung weich gewordenen Erzkleins befinden, mit einer sehr deutlichen Kruste metallischen Eisens, und ein derartiger Ueberzug lässt sich nicht allein über der Holzkohle bemerken, sondern auf der Oberfläche jedes festen unschmelzbaren Körpers, welchen man zwischen das schmelzende Erzklein schiebt. Es ist dies nicht die alleinige Wirkung des Contacts zwischen der Holzkohle und den leicht reducirbaren basischen Schlacken, sondern auch die Folge des durch die eingeblasene atmosphärische Luft erzeugten reducirend wirkenden Kohlenoxydgases, welches vorzüglich in die Räume zwischen den eingeschobenen Körper und der metallischen Masse dringt, weil es dort bei seinem Aufsteigen durch das Feuer den geringsten

Widerstand findet. Die angedeutete Tendenz eines sehr basischen Silicates, in den Zustand des Singulosilicates zurückzugehen, giebt den Holzkohlenstücken eine energische reducirende Wirkung, weil dieselben nicht nur als eingeschobene Körper wirken, sondern zugleich bei ihrer Verbrennung vor dem Gebläse in ihrer Umgebung eine hohe Temperatur und die Bildung reducirender Gasarten veranlassen. — Diese, sowie die bereits angegebenen Erklärungen François', welche sich auf die Annahme eines basischeren Silicates als des Singulosilicates gründen, können bezweifelt werden, wenn man die Bildung eines basischeren Silicats überhaupt nicht zulässt [1]). Da indessen die Vorgänge in dieser Beziehung den beim Frischprocess eintretenden ganz analog sind, so werden die abweichenden Ansichten dort erläutert und begründet werden.

François giebt an, dass die äussere Fläche der metallischen Häutchen stets mit chokoladenbraunen Krystallen eines Singulosilicates besetzt sind, und dass die Schlacke, wenn sie flüssig wird, unveränderlich jenen Silicirungsgrad besitzt, wenn die Operation nicht schlecht geleitet oder zu sehr übereilt wird. Uebrigens bildet sich in Folge des Reichthums des Erzkleins an erdigen Bestandtheilen, namentlich Kieselsäure, eine verhältnissmässig grosse Menge Schlacke.

Die Reduction und Verschlackung der Bestandtheile des Erzkleins greift zwar sehr schnell um sich, aber die erstere ist bei Weitem nicht vollkommen, da die Schlacken des ersten Abstichs stets mehr Eisen enthalten, als einem Singulosilicate entsprechen würde und daher oft in den Ofen zurückgebracht werden. Es würde durch derartige stark basische Schlacken stets eine Entkohlung des Eisens stattfinden, falls letzteres Kohlenstoff aufgenommen haben sollte, indem sich Kohlenoxydgas bildet. Richard geht mit Rücksicht auf die Unvollkommenheit der Erzkleinreduction so weit, zu behaupten, dass das Eisenoxyd überhaupt nicht reducirt werde [2]), und dass der einzige Zweck des Erzkleins sei, Eisenstücke, welche schon reducirt und gekohlt sind, vor Oxydation und Entkohlung zu schützen, wenn der Schmelzer diese Stücken allmälig der Formmündung näher rückt, um sie schliesslich zusammenzuschweissen. Dort wirkt nämlich die Feueratmosphäre in der That sehr oxydirend und ein unredlicher Frischer benutzt zuweilen diese Eigenschaft, um die Schirbeln des letzten Deuls beim Erhitzen theilweise zu verbrennen und das seinem Vorarbeiter so entzogene Eisen seinem eigenen Deule hinzuzufügen.

Dass die reducirten Eisentheile eine beträchtliche Menge Kohlenstoff aufnehmen können, ist sowohl durch die bereits mitgetheilten Analysen nachgewiesen, als es auch die noch folgenden darthun werden, und es wird daher eine darauf folgende Entkohlung durch eine sehr basische Schlacke, welche im Wesentlichen aus kieselsaurem Eisenoxydul besteht, eine beständig auftretende Erscheinung im catalonischen Feuer sein.

---

[1]) Vergl. S. 124. — [2]) Op. cit. p. 283.

Francois hat die folgenden Eisenanalysen von der oberen Fläche des Deuls mitgetheilt. Das Metall war verzweigt, wenig schmiedbar und durch Schlacke verunreinigt.

	1.	2.
Specifisches Gewicht	7,423	7,042
Metallisches Eisen	94,870	93,216
Mangan	0,521	0,025
Silicium	0,037	0,020
Kohlenstoff	Spuren	0,420
Schlacke	4,562	6,319
	99,990	100,000

Nr. 1 rührt von einem weiches Eisen (*fer doux*) erzeugenden, mit manganhaltigem Erz arbeitenden, Nr. 2 von einem auf gewöhnliche Weise mit einem eisenoxydhaltigen Erze arbeitenden Feuer.

Richard und François haben die folgenden Analysen von Schlacken mitgetheilt:

	1.	2.
Kieselsäure	33,542	33,00
Eisenoxydul	41,771	39,87
Manganoxydul	12,310	13,00
Kalk	8,541	7,20
Magnesia	1,321	2,35
Thonerde	1,905	3,65
Eisenkügelchen	—	1,20
Verlust	0,610	—
	100,000	100,27

Nr. 1 ist von Richard [1]). Die Analyse giebt die mittlere Zusammensetzung aller Schlacken, welche die Bildung eines von 487 Kilogrm. oder 974 Pfd. Erz (in Stücken und Klein) erzeugten und 150 Kilogrm. oder 300 Pfd. Stabeisen liefernden Deuls begleiteten.

Nr. 2 ist von François [2]). Die Analyse ist das Mittel aus acht Schlackenuntersuchungen. Das Material dazu war theils amorph, theils krystallisirt. Das specifische Gewicht einer vollständig von Eisen freien krystallinischen Schlacke fand sich zu 2,056.

In diesen Schlacken ist der Sauerstoff der Kieselsäure beinahe gleich dem der Basen, so dass ihre Formel $3\,RO, SiO_3$ oder $2\,RO, SiO_2$, also ein Singulosilicat, wie Peridot oder Olivin, sein würde. Dufrénoy prüfte die Krystallform dieser Schlacken und fand sie gleichfalls mit dem genannten Mineral übereinstimmend. Gleiche Schlacken kommen auch bei anderen Processen der Schmiedeisen- und Stahldarstellung oft vor. Die Farbe der Schlacken aus dem catalonischen Feuer ist nach François

[1]) Op. cit. p. 151. — [2]) Op. cit. p. 234.

chocoladenbraun mit olivenfarbiger Nüance; zuweilen auch bernsteinfarbig. Ist das Singulosilicat frei von metallischem Eisen, so ist es nicht magnetisch.

Bedingung für Eisen- oder Stahldarstellung im catalonischen Feuer. Die französischen Schriftsteller unterscheiden stets zwei verschiedene Eisensorten — weiches Eisen (*fer doux*, fr., *soft-iron*, engl.) und Stahleisen (*fer fort*, fr., *steely iron*, *natural steel*, engl.). Der Unterschied hängt wesentlich von der Menge des im Eisen vorhandenen Kohlenstoffs ab. Das weiche Eisen enthält nur wenig oder gar nichts davon, das Stahleisen eine nicht unbeträchtliche Menge. Zwischen beiden liegen eine Menge Stufen der Kohlung. Wenn man die Bedingungen für die Darstellung von Stahleisen oder Stahl kennt, so sind durch ihre Umkehrungen auch die für die Bildung von weichem Eisen gegeben.

Diese Bedingungen zur Stahlbildung sind nun folgende [1]):

1) Weniger Erzklein und mehr Holzkohle wird angewendet.

2) Die Erzstücke werden öfter in das Feuer gegen die Form zu gestossen, d. h. die Arbeit geht allmäliger vor sich.

3) Die Schlacke wird häufiger abgestochen.

4) Die Deulbildung wird verzögert.

5) Die Form hat weniger Stechen und der Gichtzacken ist mehr geneigt. Hierüber sind indessen nicht Alle einig.

6) Der Wind wird gegen das Ende des Processes abgeschwächt.

7) Dichte (namentlich eichene) Holzkohle ist vortheilhaft, und schliesslich

8) Ein beträchtlicher Mangangehalt im Erze.

Uebrigens erzeugt unter sonst gleichen Bedingungen ein Frischer viel Stahl, ein anderer wenig oder gar keinen. Im Allgemeinen (obwohl durchaus nicht stets) bildet sich Stahl im oberen Theil des Deuls an seinem Umfange, namentlich gegenüber dem Schlackenloch.

Fragt man nach der Wirkungsweise der angegebenen acht Bedingungen zur Stahlbildung, so lassen sich folgende Erklärungen geben:

Im Allgemeinen wirken alle auf starke Kohlung und Verhinderung von darauf folgender Entkohlung.

1) Viel Holzkohle wirkt auf starke Kohlung, wenig Erzklein giebt wenig Ursache zur Entkohlung.

2) Ein häufiges Vorrücken der Erzstücke bewirkt, dass jedesmal verhältnissmässig weniger davon ins Feuer gebracht werden und dass diese dann in innigere Berührung mit den glühenden Kohlen kommen, folglich mehr der Kohlung ausgesetzt werden, als wenn man grössere Mengen mit einem Male vorrückt.

3) Wird die Schlacke häufig abgestochen, so bleibt sie kürzere Zeit in Berührung mit dem sich bildenden Deul und kann weniger ihre ent-

[1]) Richard, p. 274 u. ff., François, p. 267 u. ff.

kohlende Wirkung äussern; übrigens wirkt in der Weise auch die unter 1) angegebene geringe Menge Erzklein, weil sich in Folge dessen wenige Schlacke bildet und daher weniger Grund zur Entkohlung vorliegt. Die Richtigkeit dieser Ansicht wird auch durch die Angabe, dass der obere Theil des Deuls im Allgemeinen mehr stahlartig als der untere ist, bestätigt, denn der untere Theil ist weit mehr von Schlacke umgeben und weniger andauernd in Berührung mit glühenden Kohlen.

4) Die längere Zeit gestattet längere Berührung mit den glühenden Kohlen und folglich höhere Kohlung. François legt den grössten Nachdruck auf die dadurch veranlasste länger andauernde und in Folge dessen vollständigere Reduction des Erzes bis zum Innersten der Erze, wodurch die Bildung sehr basischer und daher entkohlender Schlacke verhindert wird. — Zu diesen beiden Gründen wird noch die bei einer längeren Zeit ermöglichte bessere Verschlackung der Gangarten der Erze und die Abscheidung für das Eisen schädlicher Bestandtheile (z. B. Phosphorsäure) hinzuzufügen sein.

5) Je grösser das Stechen (die Neigung) des Windstromes, um so mehr wird die Oberfläche des Deuls der Oxydation oder Entkohlung ausgesetzt sein. Ein flaches Stechen verhütet letztere daher. In derselben Weise wirkt eine steile Stellung des Gichtzackens.

6) Ein schwacher Windstrom wird in gleicher Zeit weniger Sauerstoff in das Feuer bringen als ein starker, und obschon die Temperatur in Folge dessen sinken wird, wird sich doch das reducirte Eisen in längerer Berührung mit der glühenden Holzkohle halten; und wieder wird längere Zeit zur Abscheidung nachtheiliger Bestandtheile der Erze gegeben sein. Auch wird die erzeugte Atmosphäre reich an Kohlenoxydgas sein und wenig freien Sauerstoff, welcher entkohlend wirken würde, enthalten.

7) Zu demselben Ziele führt die dichtere Holzkohle.

8) François erklärt die Wirkung des Manganoxyds durch die leichte Bildung einer sehr flüssigen und unreducirbaren Schlacke, welche nicht basischer als ein Singulosilicat ist und daher das gebildete gekohlte Eisen vor Entkohlung schützt. Da das Mangan im catalonischen Feuer ausserdem nicht reducirt wird, so tritt das Oxyd an Stelle des oxydirten Eisens in der Schlacke und vergrössert insofern das Ausbringen an Eisen. Derselbe Autor giebt an, er habe sowohl an hartem wie weichem Stahl die Erfahrung gemacht, dass derselbe keine merkliche Menge Kohlenstoff verliere, wenn er bei einer rothweissen Hitze fünf Stunden lang in manganhaltiger Schlacke verweile [1]). Die günstige Wirkung, welche ein Mangangehalt hinsichtlich der Abscheidung verunreinigender Bestandtheile besitzt, wird beim Frischprocesse näher behandelt werden.

---

[1]) Op. cit. p. 272 und 273.

Ist das Erzklein zu kieselreich, so werden zähe Schlacken erzeugt, welche das Feuer ersticken, die Arbeit geht kalt und unregelmässig und das Resultat ist ein kurzes und unganzes Eisen. Ist das Erzklein im Gegentheil zu kalkreich, so wird eine gelblichgrüne, gewöhnlich teigige Schlacke producirt, die Arbeit geht langsam, das Resultat ist gleichfalls ein kurzes, unganzes und dabei rothbrüchiges Eisen [1]).

Arbeitet das Feuer auf weiches Eisen bei leicht schmelzbarem Erze und leichter Holzkohle, so wird die Form mehr geneigt, als bei schwer schmelzbarem Erze und fester Holzkohle; arbeitet es auf Stahl, so darf die Form weder zu horizontal noch zu geneigt liegen, damit der Wind einerseits nicht zu heftig auf das Erz einwirke, andererseits nicht den Deul oxydire [2]).

Der Wassergehalt des Windes hat Einfluss auf die Beschaffenheit des dargestellten Eisens. Zwar wird der Wind stets ganz oder beinahe mit Feuchtigkeit gesättigt sein, aber der Gehalt an mechanisch mitgerissenem Wasser variirt beträchtlich, so dass die Luft in dieser Beziehung verhältnissmässig trocken oder nass sein kann. Bei einem trocknen Winde arbeitet das Feuer heisser, gleichmässiger und producirt unter sonst gleichen Umständen ein weicheres und gleichmässigeres Eisen, während bei nassem Winde der Ofen schlecht arbeitet, und ein unganzes, schlecht geschweisstes und ungleichmässig gekohltes (stahlartiges) Eisen erzeugt. Daraus ergiebt sich, dass unter gewöhnlichen Umständen im catalonischen Feuer ein Wassertrommelgebläse die Darstellung von Stahl, ein Cylindergebläse die von weichem Eisen begünstigt [3]).

François theilt einige interessante Resultate mit, welche er bei der Verhüttung von Brauneisenerz und alten Manganerzen [4]) erhielt. Die Analyse ergab:

	1.	2.
Glühverlust	17,60	18,30
Eisenoxyd	9,60	10,12
Manganoxydoxydul (Mn_3O_4)	62,60	58,00
Kalk	3,40	2,25
Magnesia	Spuren	Spuren
Thon	7,00	11,30
	100,20	99,97

Die Form war weniger als gewöhnlich geneigt und Erzklein wurde in geringen Mengen angewendet. Die Erzmischung bestand aus 425 Kilogrm. guten Brauneisensteins mit 44 Proc. Eisen, 33 Kilogrm. alten Manganerzen. Es wurden 170 Kilogrm. Eisen in Schirbeln, 163 Kilogrm. in Stäben erzielt und 301 Kilogrm. Holzkohlen pro 100 Stabeisen ver-

[1]) François, p. 271. — [2]) Ibid. p. 285. — [3]) Loc. cit. p. 296. — [4]) Loc. cit. p. 275.

braucht. Das Eisen war vorzüglicher Beschaffenheit. Analysen desselben sowie der Schlacken ergaben folgende Resultate:

Eisen.

	1.	2.
Metallisches Eisen	99,63	99,55
Mangan	0,12	0,20
Silicium	Spuren	Spuren
Schlacke	0,10	0,15
	99,85	99,90

Schlacken.

	1.	2.
Kieselsäure	33,00	29,00
Eisenoxydul	28,10	29,00
Manganoxydul	18,70	9,00
Kalk	—	8,90
Thonerde } Magnesia }	20,60	5,00[1])
	100,40	100,90
Metallisches Eisen, Procent	21,56	22,39

[1]) Jedenfalls ein Druckfehler für 25,00.

Diese Schlacken waren sehr flüssig und unmagnetisch. Der Sauerstoff der Basen ist beinahe gleich dem der Kieselsäure, also die Verbindung ein Singulosilicat.

Eigenthümlichkeiten des durch den catalonischen Process erzeugten Eisens. Das in den catalonischen Feuern erzeugte Eisen beschreibt François als im Allgemeinen sehnig, hart, sehr schmiedbar und besonders zähe, aber mangelhaft bezüglich der Homogenität. Die Masse desselben ist mehr oder weniger mit Stahl-Theilchen und Körnchen angefüllt, welche seine Bearbeitung durch Feile und Hammer schwierig machen, auch kann es in Folge unvollständigen Auspressens der Schlacke unganz und dann von mangelhafter Schmiedbarkeit sein. François theilt Analysen von fünf Arten solchen in Ariége erzeugten Eisens mit, nach denen das Metall (mit einer Ausnahme) beinahe chemisch reines Eisen zu sein scheint. Die Procentgehalte an Eisen sind nämlich folgende: 99,9905, 99,9932, 99,9905, 99,9030, 99,9990, die übrigen Bestandtheile bestehen in Kohlenstoff, Schlacke und Kieselsäure und Mangan. Der Verfasser kann nicht anders als an einen Irrthum mit Rücksicht auf diese Resultate glauben.

Kosten.

In der folgenden Tabelle sind die Erze und Holzkohlenmengen, welche in drei gut arbeitenden catalonischen Feuern im Jahre 1841 verbraucht wurden, zusammengestellt [1]):

Namen der Hütte.	Mittlerer Verbrauch in Kilogrammen.			Mittlerer Verbrauch auf 100 Stabeisen.		
	Erz.	Holzkohle.	Stabeisen.	Erz.	Holzkohle.	Stabeisen.
Niaux-Vieux	510,20	460,04	168,00	300,30	273,80	100
Ramade	510,00	459,00	165,00	300,99	278,10	100
Celles	—	—	165,50	302,00	297,00	100

Das Ausbringen desselben Erzes variirt etwas in verschiedenen Hütten nach den bezüglichen Preisen des Erzes und der Holzkohle; denn da z. B. in Hütten, welche nahe an den Gruben liegen, das Erz oft billig, die Holzkohle aber theuer ist, in anderen aber ein umgekehrtes Verhältniss stattfindet, so wird man auf ersteren mit dem Verbrauch an Brennmaterial, auf letzteren mit dem an Erzen möglichst ökonomisch umgehen.

1839 und 1840, zu welcher Zeit im Departement Ariége mit 38,200 Chargen, 58,550 Quintaux métriques von je 100 Kilogramm, oder 117,100 Centner producirt wurden, war der Preis pro Quintal = 43,5 Francs oder pro Centner = 5 Thlr. 24 Sgr. Von der ganzen Production war etwa $^1/_{23}$ Stahl (*fer fort*), welcher zu landwirthschaftlichen Geräthen verarbeitet wurde.

François giebt die Selbstkosten auf der Hütte zu Vicdessos in den Pyrenäen im Jahre 1840 bei 1000 Chargen und einer Production von 153 Kilogrm. oder 306 Pfund Eisen pro Charge folgendermaassen für 100 Kilogrm. oder 200 Pfd. Stabeisen (*fer forgé*) auf dem Werke an:

[1]) François, p. 50. Die folgenden Angaben rühren grösstentheils von demselben Autor her.

		Francs.	Sgr.
310 Kilogrm. Erz zu 2 Fr. pro 100 Kilogrm.		6,20	49,60
302 Kilogrm. Holzkohle zu 8 Fr. 20		24,76	198,08
Arbeitslohn		5,95	47,60
Der Obermeister und Productenverwalter (*garde-forge et commis*) zu 1500 Fr. pro Jahr		0,93	7,44
Unterhaltungskosten (*entretien de l'usine*) 1200 Fr.		0,80	6,40
Zinsen des Anlagecapitals zu 5 Proc. von 25,000 Fr.		1,03	8,24
Zinsen des Betriebscapitals (*fonds de roulement*) zu 6 Proc. von 29,000 Fr.		0,98	7,84
nämlich für Ankauf von Erz	3,000 Fr.		
„ „ Ankauf von Holzkohle	25,000 Fr.		
„ „ Arbeitslöhne	1,000 Fr.		
Zusammen für 100 Kilogrm. Eisen		40,65	325,20
Verkaufspreis loco Hütte 1840		43,00	344,00
Reingewinn		2,35*	18,80

* Sowohl das französische als das englische Original sagt hier fälschlich 2,65.

Da hiernach also

die Productionskosten pro Center	5 Thlr.	12,6 Sgr.
der Verkaufspreis pro Centner	5 Thlr.	22,0 Sgr.
der Reingewinn pro Centner	—	9,4 Sgr.

beträgt, so würde der jährliche Reingewinn der Hütte sich auf 958 Thlr. 24 Sgr. belaufen.

Man kann in Preussen und England den Centner guten Stabeisens jetzt mit 2 Thlr. kaufen, also für weniger als allein das Brennmaterial für die Erzeugung nach der beschriebenen Methode kostet. Man sieht schon hieraus, dass in der Gegenwart, wo der Verkehr durch Eisenbahnen und Dampfschiffe so erleichtert ist, wo so ungeheure Mengen Stabeisen, welches zu denselben Zwecken wie das der catalonischen Feuer verwendbar ist, zu kaum mehr als einem Drittel der angegebenen Selbstkosten fabricirt werden können, nur wenige Gegenden Europas noch Gelegenheit für die Existenz solcher Hütten zu geben vermögen. In Gebirgsgegenden, wo reiche und reine Eisenerze in Menge vorkommen, hinlänglicher Bestand eines zur Verkohlung geeigneten Holzes vorhanden ist und wohin die Eisenbahnen bis jetzt nicht vorgedrungen sind, da mag der catalonische Process noch Boden finden, sicherlich aber nicht, wo die angegebenen Bedingungen nicht ins Gesammt zutreffen, denn selbst Reichthum an Erz und Holz wird ohne den Schutz, den hohe Fuhrlöhne gewähren, das so erzeugte Eisen nicht vor der Concurrenz durch das aus Roheisen hergestellte bewahren. Der wichtigste Vortheil bleibt immer nur das geringe Anlage- und Betriebscapital, welches ein catalonisches Feuer beansprucht.

Uebrigens kann nicht geläugnet werden, dass manche Uebelstände bei dem gegenwärtigen Betriebe sich abstellen liessen und zur Herabsetzung der Productionskosten beitragen würden. François tadelt besonders die Unkenntniss der Hüttenbesitzer, er sagt: Man mag sich mit Recht über die Höhe der Löhne in unseren Hütten wundern; Löhne, welche für den ersten Arbeiter oft 8 Fr. (2 Thlr. 4 Sgr.) und mehr pro Arbeitstag erreichen. Sieht man aber die Hütten genauer an, so findet man bald, dass die Unwissenheit der Besitzer und die Vernachlässigung ihrer eigenen Werke zu einem gewissen Grade den Grund der Anmassungen der Arbeiter bildet. So ist z. B. der Mann, welcher das Feuer beaufsichtigt (*le foyer*) ganz überflüssig. Aber der Besitzer steht unter der Willkür seiner Arbeiter und wird dies stets bleiben, so lange er nichts ist als Handelsmann, sich beugt vor der behaupteten Allmacht der Praxis und die wirksame Hülfe der angewandten Wissenschaften verschmäht [1]).

Das Vorurtheil, die Widerspenstigkeit und die Unlenksamkeit der Arbeiter bei den catalonischen Feuern in Frankreich sind von dem genannten Schriftsteller, ebenso wie von Richard und Anderen, welche mit Theorie sowohl als Praxis Bescheid wussten, ins hellste Licht gesetzt. Aber solche Eigenschaften theilen leider auch die Eisenarbeiter auf vielen Hütten in England sowohl als anderswo, und alle Neuerungen werden mit stolzer Widersetzlichkeit zurückgewiesen. Dies, sagt Percy, erscheint nicht überraschend oder unnatürlich, wenn wir bedenken, dass solche Leute kraft langer Praxis und harter Arbeit eine besondere Geschicklichkeit erlangt haben, welche einen guten Arbeitslohn bedingt, und nun fürchten, dass Neuerungen den Werth ihrer Dienste verringern werden. Und ohne Zweifel haben in manchen Fällen Neuerungen wirklich zeitweise grosses Unglück über viele fleissige und verdiente Arbeiter gebracht, aber dennoch ist Widerstand eitel. Werden Verbesserungen an einem Orte verworfen, so schlagen sie an einem anderen Wurzel und entwickeln sich dort. Man könnte zahlreiche Beispiele dafür aufführen, dass durch hartnäckigen und entschiedenen Widerstand der Arbeiter gegen alle Verbesserungen ein blühender Betriebszweig in einer Stadt vernichtet wurde, aber nur, um in eine andere verpflanzt, sich dort mit grösserer Kraft zu entwickeln. Die Lehre sollte sich der Arbeiter daraus ziehen, dass er nicht hoffnungslos versucht, das unwiderstehliche Gesetz des Fortschritts aufhalten oder hemmen zu wollen, sondern lieber mit Ernst dahin strebt, sich selbst den unvermeidlichen Umständen zu bequemen. Wirklich einsichtsvolle und geschickte Arbeiter werden finden, dass dies das Klügste und dass es auch im Verlauf der Zeit das Beste ist.

Verbesserungen im catalonischen Process.

Die wichtigste Verbesserung, welche man bei dem catalonischen Process einzuführen versucht hat, ist die Benutzung der verlorenen

[1]) Op. cit. p. 337.

Hitze. Es wurde im Jahre 1850 eine Arbeit über die vortheilhafte Anwendung der verlorenen Hitze in einigen der catalonischen (oder wie sie genannt zu werden pflegen, der catalonisch-ligurischen) Feuer in Sardinien, deren damals etwa 40 in der Provinz Genua in Betrieb standen, veröffentlicht [1]).

Die dortigen Feuer sind sehr wahrscheinlich auch schon zu sehr alter Zeit angelegt worden, da weder historische Nachrichten noch populäre Ueberlieferungen ihren Ursprung angeben. Sie gleichen denen der Pyrenäen in Form, Dimensionen und Einrichtungsart sowohl, als wie in Bezug auf den Gebrauch des Wassertrommelgebläses. Selbst die italienischen Namen der einzelnen Theile entsprechen den französischen. Das verwendete Erz kam von der Insel Elba und wird als schuppiger und dichter Rotheisenstein beschrieben [2]).

Eine im Arsenal zu Turin angestellte Analyse ergab:

Eisenoxydul	1,61
Eisenoxyd	96,04
Magnesia	Spuren
Kieselsäure	2,15
Verlust	0,20
	100,00
Metallisches Eisen	68,51 Proc.

Es enthielt häufig sichtbare Spuren von Eisen- und Kupferkies, welche so viel als möglich ausgehalten wurden, indessen bewies auch bei dem Augenschein nach von diesen Mineralien freien Stücken der Geruch nach schwefliger Säure beim Rösten die Gegenwart derselben. Mit dem Erze zugleich wurde altes Gusseisen und Schmiedeisenabfälle verschmolzen. Als Brennmaterial diente Holzkohle. Das Erz wurde in der vorher für die pyrenäischen Feuer beschriebenen Art und Weise aufgegeben.

Das Verhältniss der Materialien war pro Charge wie folgt:

	1. Kilogrm.	2. Kilogrm.
Stückerz	190,68	222,32
Erzklein	47,65	
Gusseisen	23,82	25,82
Schmiedeisenabfälle	15,88	15,88
Holzkohle	428,81	698,72
Das Ausbringen an Eisen in quadratischen Stäben, welche zur Verarbeitung in Handelseisen fernere 135 Kil. Holzkohle erforderten, betrug	135,00	131,80
Stabeisen in Handelsform		125,21

1. Auf Tripalda- und Prato-Hütte. 2. Auf Sassello-Hütte.

[1]) Notices sur les usines Catalano-Liguriennes et sur les avantages recemment obtenus en utilisant les flammes perdues. Par C. Baldracco (traduit par MM. Jordano et Gastaldi). Ann. d. mines. 4. ser. 12. 1850. p. 143. — [2]) Fer oligiste écailleux et compacte.

Jetzt verarbeitet man auf den wenigen noch bestehenden Feuern jener Gegend nur noch Roheisen und altes Schmiedeisen.

Auf der Tripalda-Hütte, wo man während des grösseren Theils einer Charge 6,00 Kilogramm Luft pro Minute in das Feuer blies, errichtete man zuerst einen Flammofen mit flacher Sohle, welcher die aus dem catalonischen Feuer entweichende Flamme aufnahm; seine Längsaxe war parallel der Axe der Form. Später bauete man einen ähnlichen Ofen zu Prato-Hütte mit seiner Längsaxe rechtwinklig zur Axe der Form. Das eine Ende des Ofens war mit dem Feuer durch eine gemauerte Haube verbunden, welche sich direct über letzterem in passender Höhe befand. Am anderen Ende befand sich eine Aufgabeöffnung, unmittelbar darüber war innerhalb des Ofens eine verticale Kammer, sie möge *C* genannt werden, welche am Boden einen Rost und an einer Seite eine Thür hatte, nach oben zu aber in die Esse endigte. Die abgehende Flamme des Feuers wurde so durch die Haube in den Flammofen geleitet, bespülte dessen Sohle, erhob sich dann vertical durch den Rost in die genannte Kammer (*C*) und entwich von da durch die Esse.

Das in etwa kopfgrossen Stücken angelieferte Erz wurde nun auf dem Rost, welcher den Boden der Kammer *C* bildet, stark erhitzt, wobei es Geruch nach schwefliger Säure entwickelte, auch wenn man selbst unter der Lupe keinen Schwefelkies darin entdecken konnte. War es so eine Zeit lang geröstet, so wurde es herausgezogen und noch heiss in Wasser abgeschreckt, wodurch es leicht zerbrechlich und porös wurde. Es hatte 5 Proc. an Gewicht verloren. Hierauf wurde es in Stücke und grobes Pulver zerschlagen und dann auf einer vorher auf die Sohle des Flammofens geschütteten Lage Holzkohlen eben ausgebreitet. Die Holzkohle war, wie Versuche gezeigt haben, unentbehrlich. Das Erz, welches so in Berührung mit Holzkohle und unter der reducirenden Einwirkung der Gase aus dem catalonischen Feuer während der ganzen Dauer einer Charge einer ziemlich hohen Hitze ausgesetzt war, verlor hierbei 10 bis 12 Proc. Sauerstoff. Die Holzkohlenunterlage wurde bei dieser Operation ganz verzehrt. Schliesslich wurde einiges Gusseisen und Schmiedeisenabfall dem Erze zugefügt und die ganze noch heisse Beschickung in den zu ihrer Aufnahme vorgerichteten Heerd vermittelst einer Kratze gezogen. Bei Anwendung dieser Vorbereitungsarbeiten konnten täglich fünf statt vier Chargen gemacht werden, während an Brennmaterial sehr gespart, die Qualität des Eisens verbessert und ein etwas grösseres Ausbringen erzielt wurde. Man hatte hauptsächlich darauf zu achten, dass der Flammofen niemals so heiss wurde, dass das Erz darin sinterte oder gar schmolz.

In diesen Hütten befanden sich auch besondere Oefen zur Erhitzung des Eisens für das Ausrecken desselben zu Stäben, deren abgehende Flamme gleichfalls mit grossem Vortheil zur Erhitzung von Flammöfen angewendet wurde. Letztere waren zwar kleiner, sonst aber in allen Beziehungen den beschriebenen ähnlich, mit Ausnahme davon, dass der

Rost in der Kammer *C* fehlte. Auch hier beim Schweissen des Eisens war grosse Ersparung sowohl an Holzkohle als an Zeit das unmittelbare Resultat.

Vor Benutzung der abgehenden Hitze der catalonischen Feuer betrug der Verbrauch an Holzkohle 4,35 auf 1 fertiges Handelseisen, nachher nur 2,57 auf 1.

Die folgenden Resultate waren auf der Tripalda-Hütte nach Einführung der genannten Verbesserungen erlangt worden:

Benutzte Zeit.	Chargen.	Roh-Materialien.					Eisen producirt.
		Stufferz.	Erzklein.	Gusseisen.	Schmiedeisenabfall.	Holzkohle.	
Stunden.	Zahl.	Kilogrm.	Kilogrm.	Kilogrm.	Kilogrm.	Kilogrm.	Kilogrm.
499	103	9813	6552	2454	3272	26,172	14,714

Rechnet man die Woche zu 6 Arbeitstagen von 24 Stunden, so erhält man eine Production von circa 85 Centnern.

Aus den Ziffern der vorstehenden Tabelle ergiebt sich, dass in Folge der verbesserten Methode 30 statt wie früher 24 Chargen pro Ofen in einer Woche von 144 Arbeitsstunden gemacht wurden, wobei 95,3 Kilogrm. Erz in Stücken, 63,5 Kilogrm. als Erzklein, 23,8 Kilogrm. Guss- und 31,75 Kilogrm. Schmiedeisen nebst 254 Kilogrm. Holzkohle verbraucht und 143 Kilogrm. Eisen von guter Qualität in Form von Quadratstäben ausgebracht wurden. Ausserdem konnten bei Anwendung eines Schweissfeuers, dessen abgehende Hitze benutzt wurde, ebendaselbst 715 Kilogrm. Eisen an Stelle von früheren 476 Kilogrm. zu Handelseisen ausgereckt werden.

Schätzt man nun die jährlichen Generalkosten eines catalonisch ligurischen Feuers zu 3700 Francs, d. h. 986 Thlr., und rechnet alle übrigen Ausgaben hinzu, so ergeben sich die Productionskosten nach der alten Methode auf 38,28 Fr., nach der neuen 28,94 Fr. auf 100 Kilogrm. Handelseisen, d. h. etwa 5 Thlr. 3 Sgr., beziehungsweise 3 Thlr. 26 Sgr. pro Centner.

Obwohl nun diese Verbesserungen offenbar die Lage dieser Hüttenwerke bedeutend verbessert haben würden, ja ihre Existenz ermöglicht hätten, so scheiterte ihre Ausführung doch bald an dem eigensinnigen Widerstande der Arbeiter [1]).

[1]) Industria del ferro in Italia. p. 336.

b. Die corsicanische oder italienische Luppenfrischarbeit [1]).

Die corsicanische Luppenfrischmethode bietet verschiedene interessante Punkte. Der dazu verwendete Heerd ist in der That nichts weiter, als ein gewöhnliches Schmiedfeuer. Auch diese Arbeit scheint seit sehr alten Zeiten auf der Insel Corsica in Ausübung gewesen zu sein. 1812 waren acht derartiger Hütten im Betrieb, 1820 sechs, 1828 vier und heutigen Tags kommt sie nur noch auf einigen unbedeutenden Werken hin und wieder zur Anwendung.

Das Erz, welches benutzt wird, ist der bekannte Eisenglanz von Elba, welchen man in grossen Stücken nach Corsica bringt und auf Maulthieren zu den Hütten führt. Er wird geröstet, um ihn spröder zu machen und dann mit der Hand in Stücke gebrochen. Das Brennmaterial ist Holzkohle, vom ächten Kastanienbaume herrührend. Der Wind wird durch ein Wassertrommelgebläse (*trompe*, *tine*) mit etwa 7 Meter hohem Einfallrohr erhalten. Der Hammer aus verstähltem Schmiedeisen, im Gewichte von 144 Kilogrm., wird durch Wasserkraft bewegt. Auch der Ambos besteht aus verstähltem Schmiedeisen, wiegt 80 Kilogrm. und wird von einer etwa 1000 Kilogrm. schweren Masse Gusseisen getragen.

Das Feuer ist in den folgenden Zeichnungen (Fig. 38 bis 40 a. f. S.) dargestellt. Es besteht aus einem flachen Mauerwerk, welches sich bis zu passender Höhe über die Hüttensohle erhebt. Vorn begrenzt den darauf errichteten Heerd eine kleine verticale Mauer, an der linken die Formwand, ähnlich wie beim catalonischen Feuer. In der Vorderwand ist eine bewegliche Eisenplatte angebracht (Fig. 38), in der sich ein Stichloch befindet. Die Form besteht in einer conischen Röhre von Kupfer, das Auge (*eye*) derselben, d. h. die vordere Oeffnung ist kreisrund, 0,031 Meter im Durchmesser und ragt bei einem Stechen von 20° 0,28 Meter in das Feuer hinein. Die gemauerte Sohle wird stets mit einer sehr starken Schicht Holzkohlenlösche bedeckt gehalten.

Wenn der bei der letzten Charge gebildete Deul herausgenommen worden und das Feuer durch aufgegossenes Wasser ausgelöscht ist, so werden die grösseren zurückgebliebenen Holzkohlenstücke entfernt und durch Anlassen des Gebläses die Abkühlung beschleunigt; die im Heerd befindlichen Massen werden aufgebrochen und alle etwa vorhandenen Schlacken sorgsam entfernt. Hierauf wird eine halbellipsoidische Vertiefung, ein Löscheheerd, rund um die Form in dem zurückgebliebenen angefeuchteten Kohlenklein gemacht; der Boden dieses Heerdes liegt 0,11 Meter unter der Mündung der Form, die ihn bildende Kohlenlösche

[1]) Notice sur la fabrication du fer en Corse. Par M. Sagey, 1828. Annal. d. Mines, 2. ser. 4. pp. 121–144. Das Wichtigste aus der Eisenhüttenkunde von J. H. Hassenfratz. Leipzig, 1822, p. 324. Ein weiteres Werk führt den Titel Mémoire sur la manière dont on extrait en Corse le fer. Par Du Coudray. Paris, 1775. 8vo. Vergl. auch Karsten, Eisenhüttenk. 4. S. 301.

ist aussen durch eine Mauer von grossen Erzstücken gestützt. Alsdann legt man innerhalb dieses Heerdes, wie dies aus Fig. 40 besonders deutlich ersichtlich ist, eine Schicht von etwa 0,16 Meter langen und 0,05 Meter starken Holzkohlenstücken, als von der Form ausgehende Strahlen, rings um dieselbe; der leere Raum, welcher nun noch ausserhalb dieses Holzkohlenringes bleibt, ist durch zwei verticale Holzkohlenwände in drei Theile (*C*, *D* und *E*) getheilt, von denen der der Form gegenüberliegende (*D*) der grösste ist. Die drei Abtheilungen werden nun mit einer Mischung von zerschlagenen Erzstücken und Erzklein gefüllt, bis sie das Niveau der Holzkohlenwand und der Erzmauer erreicht haben, wobei in der Hälfte der Höhe eine Lage Holzkohle eingeschichtet wird (Fig. 39). Der innerhalb der Holzkohlenwand befindliche Raum aber bleibt ganz leer. Schliesslich wird Alles (bei einer Höhe von 0,74 Meter über der Sohle des Löscheheerdes) mit Kohlenlösche bedeckt. Das Gewicht der so angehäuften Erzcharge beträgt jedesmal 526 Kilogrm. oder 1052 Pfund. Der Process wird nun folgendermaassen geleitet:

Fig. 38.

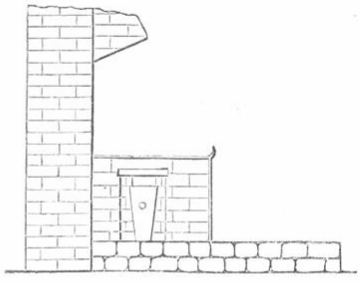


Fig. 39.

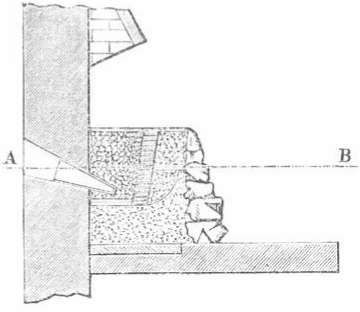
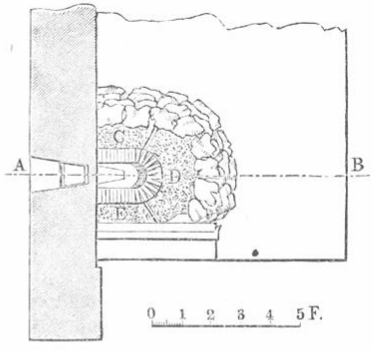


Fig. 40.



Einige Stücke glühender Holzkohle werden in den leeren Raum vor der Form geworfen und mit kalter Holzkohle bedeckt, worauf das Gebläse schwach angelassen wird. Die Flamme, welche bald erscheint, hört nach etwa 40 Minuten wieder auf, worauf, wie der Arbeiter sagt, das Erz halb gebraten (*half cooked*, engl.; *à moitié cuit*, franz.) ist. Nun wird das Gebläse verstärkt und der innere Schacht beständig voll Holzkohle gehalten. Ist das sogenannte Rösten, d. h. die Reduction des Erzes beinahe vollendet, so werden mehrere vorräthige Schlackenkuchen (*cakes of slag*, engl.; *scories douces*, franz.) unter dem Hammer zerkleint und als eine 0,02 Meter starke Lage längs des Heerdrandes ausgebreitet.

Einige Minuten nach dem letzten Aufgeben von Holzkohle werden die grossen Erzklumpen, welche den untersten Theil der äusseren Umfassungsmauer bilden, fortgezogen, um an einem anderen Orte zerschlagen zu werden. Während dieser Zeit wird der Heerd reichlich mit Wasser begossen. Die Masse, welche den Löschheerd bildet und Stückchen ungesinterten Erzes enthält, wird nun herausgezogen und über das Lager der gepochten Schlacke ausgebreitet. Das gesinterte Erz hält sich jetzt selbst um den Holzkohlenschacht herum; aber der Theil, welcher sich über der horizontalen Kohlenlage (vergl. Fig. 39) findet, wird mit einer Kratze (*rabble*) niedergebrochen und stückweis (*piecemeal*) fortgenommen, wobei die grösseren Holzkohlenstücke in einen Haufen geworfen werden und das Ganze mit Wasser besprengt (*quenched*) wird. So ist denn der ganze Aufbau zerstört und unterhalb der Form findet sich eine Schlackenmasse. Das Erz ist zum grössten Theil zusammengesintert.

Die Mischung von Schlacke und Kohlenklein, welche einen langen Haufen auf dem Heerde bildet, wird in fünf gleiche Theile getheilt, deren jeder unter Zuschlag von $^1/_5$ des gesinterten Erzes einen Deul (*lump*, engl.; *massé*, franz.; *massello*, ital.) giebt.

Man hat Sorge zu tragen, dass namentlich im Anfange des Processes die Temperatur nicht so gesteigert wird, dass das Erz schmilzt. Freilich tritt solcher Unfall selten ein; geschieht es aber dennoch, so bleibt nichts übrig, als das gesinterte Erz aufzubrechen und den sogenannten „Röstprocess“ noch einmal zu beginnen. Das Gewicht der Holzkohle, welches zu diesem ersten Theil der Operation oder dem Röstprocess (*roasting*) verwendet wurde, betrug ungefähr zweimal so viel als das Gewicht des Erzes. Sagey bemerkt, dass es eine sehr eigenthümliche Thatsache sei, dass die Holzkohlenstücke, welche den inneren Schacht bildeten, während des ganzen Processes wohl erhalten blieben und die Festigkeit des Aufbaues niemals Gefahr liefe, obschon die Temperatur sehr hoch und die in den Heerd geblasene Windmenge beträchtlich wäre.

Die Producte dieses ersten Theils des Processes sind also gesintertes Erz und Schlacke, welche letztere durch die den Boden des inneren Schachtes bildenden Holzkohlen sickernd sich auf dem Boden des Löschfeuers sammelt. Sie soll durch Schmelzung des rothen Thons entstehen, welcher in schwachen Adern das Elbaer Erz durchzieht. Die Charaktere dieser Schlacke sind nach Sagey folgende: Sie ist gut geschmolzen, glasig, durchscheinend, von heller olivengrüner Farbe, enthält mechanisch eingemengte Kügelchen von Roheisen und ziemlich grosse Bruchstücke von Holzkohle, überzogen mit einer schwachen Metallhaut, die, zwar anfänglich nicht deutlich sichtbar, sich später am entstehenden Roste zu erkennen giebt.

Das gesinterte Erz kann zwar unter dem Hammer zerbrochen werden, aber das meiste davon lässt sich unter den nöthigen Vorsichtsmaassregeln kalt in dünne Bleche aushämmern, ein Beweis, dass es wesentlich aus metallischem Eisen besteht.

Jetzt bleibt nur noch der zweite Theil der Operation übrig, nämlich das reducirte Erz in Deule zu vereinigen und letztere in Stäbe auszuschmieden. Zu diesem Behufe wird frische trockene Holzkohle aus dem Vorrathsschuppen, welche vorher von beigemengten erdigen Theilen durch Waschen befreit war, auf den Heerd geworfen und so aufgehäuft, dass sie zwei geneigte Ebenen bildet, welche sich unterhalb der Form in einer zu der Formwand rechtwinklig gelegenen horizontalen Linie schneiden und welche sich bis zur Höhe der kleinen das Stichloch enthaltenden Mauer an der Vorderseite erheben. Glühende Holzkohlen werden nur rund um die Form und kalte Holzkohlen unter dieselbe gebracht; auf letztere kommt ein bereits fertiges Eisenstück (von der vorigen Charge) so zu liegen, dass es über der Form bleibt. Dies Eisenstück von roh cylindrischer Form ist parallel seiner Axe an einen Eisenstab geschweisst, welcher zum Handhaben desselben diente. Es wird von Zeit zu Zeit gewendet und nach etwa 20 bis 25 Minuten zum Hammer genommen und ausgeschmiedet, wobei es jedesmal vier Stäbe liefert. Während das Schmieden vor sich geht, wird eine Charge jener Mischung von Kohlenklein, nicht gesintertem Erze und gepochter Schlacke, welche oben beschrieben ist, zugleich mit Hammerschlag vom vorhergehenden Ausschmieden, in die Mitte des Heerdes gebracht. Diese Charge wird sich selbst überlassen und mit Schmieden fortgefahren, als wäre der Heerd nur mit Holzkohle gefüllt.

Das Ausrecken zu Stäben dauert gegen zwei Stunden von der Zeit an, wo das Gebläse angelassen wird. Die Behandlung des Feuers besteht einfach in dem Aufwerfen von frischer Holzkohle als Ersatz für die verbrannte, im Aufgiessen von Wasser und im Reinigen und Offenhalten der Form. Der Eisenklumpen dagegen muss immer vor und etwas über der Form gehalten werden und zwar so, dass ihn der Windstrom nicht direct trifft und unnöthigen Abbrand durch Oxydation veranlasst.

Anderthalb Stunden nach Anfang der Operation wird das Stichloch geöffnet und die sehr flüssige Schlacke in einen davor liegenden kleinen Vorheerd aus Kohlenlösche abgelassen. Jetzt wird die Hälfte des gesinterten Erzes vorn in das den eigentlichen Heerd bildende Löschebett beinahe bis zur Höhe der Form aufgegeben und nach 5 oder 6 Minuten horizontal in die Mitte des Heerdes vorgeschoben. Hier wird es in Folge der hohen Hitze weich und schmilzt theilweise sogar in Tropfen nieder, bis es endlich, theils aus dem letzten Grunde, theils wegen des Fortbrennens der darunter liegenden Holzkohle unter den Windstrom gelangt, wo es sich mit dem vorher aufgegebenen nicht gesinterten Erze vereinigt.

Die andere Hälfte des gesinterten Erzes wird jetzt ebenso wie die erste Hälfte aufgegeben und auf dieselbe Weise bearbeitet. Die Schlacke[1])

[1]) Scories douces genannt, weil, nach Sagey, die Arbeiter glauben, dass dieselbe die Wirkung hat, das Eisen weich zu machen.

wird von Zeit zu Zeit in den Heerd geworfen. Ist der Deul vollständig gebildet, so wird etwa 1 Pfund Hammerschlag mit etwas weniger an Erzpulver nachgesetzt, wahrscheinlich, wie Sagey bemerkt, um die Entkohlung des Eisens zu vervollständigen. Einige Minuten später wird das Gebläse abgestellt, Wasser in den Heerd gegossen und der Deul herausgehoben. Der Deul wird von dem ihm an der Unterseite anhängenden Schlackenkuchen befreit, mit einem hölzernen Schlägel bearbeitet und schliesslich wird der Eisenstab, welcher als Handhabe beim Zängen dient, angeschweisst.

Die dünne Schicht Schlacke, die zuerst an der Oberfläche derjenigen Menge erstarrte, welche in den für diesen Zweck hergestellten kleinen Vorheerd abgestochen worden war, wird auf die Halde geworfen, da sie von schlechter Qualität ist; aber das Uebrige, später Erstarrende wird aufbearbeitet und von Neuem als Zusatz gebraucht. Die Ursache der geringeren Beschaffenheit der obersten Schicht ist nicht erforscht worden, man vermuthete, dass sie in einem Schwefelgehalt läge [1]).

Die Dauer der ersten oder sogenannten Röstperiode und die Aufarbeit der fünf Theile reducirten Erzes u. s. w. in der beschriebenen Weise dauert genau 24 Stunden, da den Arbeitern für jeden Theil 4 Stunden gestattet sind. Ein Feuer erfordert nur vier Arbeiter, welche 6 Tage in der Woche beschäftigt sind. Die Arbeit pflegt nur 7 Monate im Jahre im Gange zu sein, da man mit Ende Juni wegen der ausserordentlichen Hitze und der gelegentlich sehr ungesunden Luft zu feiern beginnen muss. Während dieser Zeit werden nicht mehr als 260 metrische Quintals, d. h. 520 Centner Stabeisen im Durchschnitt producirt. Allerdings ist das Eisen von ausgezeichneter Qualität, sehr dehnbar und sehnig, ohne doch so schmiedbar wie das schwedische zu sein; man kann es heiss und kalt ohne Kantenrisse ausrecken; aber die Productionskosten einer Hütte, welche jährlich 580 Ctr. Stabeisen producirte, waren 6 Thlr. und 5 Thlr. 24 Sgr. pro Centner und die einer anderen mit 500 Ctrn. Jahresproduction 6 Thlr. 24,80 Sgr. Das Ausbringen an Stabeisen betrug dabei nur 38,66 Proc. Der Verbrauch an Holzkohle für einen Gewichtstheil Eisen konnte nicht unter 8,88 Gewichtstheilen geschätzt werden.

Dieser Verbrauch an Holzkohle beim corsicanischen Process ist enorm hoch und man kann sich daraus eine gute Lehre ziehen. Die Beschreibung solcher veralteter Processe dient gewiss nicht nur zur Belehrung, sondern ebenso auch zur Warnung.

Auf die Theorie des Processes ist nach dem beim catalonischen Gesagten kaum nöthig, noch näher einzugehen. Bei beiden ist das hauptsächlichste reducirende Agens Kohlenoxydgas und die Art des Feuerbaues bei der corsicanischen Luppenfrischmethode begünstigt ebenso sehr die

[1]) Wahrscheinlicher würde sie wohl in einem Phosphorgehalt zu suchen sein. Anm. d. Bearb.

Bildung dieses Gases als seine Berührung mit dem Erze. Es ist übrigens merkwürdig genug, wie trotz vollständiger Unkenntniss der Principien, auf die sich ein Process gründet, die Praxis allein ihn so entwickelt hat, dass er sich selbst bis in die neueste Zeit hinein erhalten konnte.

c. Die deutsche Luppenfrischarbeit [1]).

Die deutsche Luppenfrischarbeit ist gleichfalls eine Schmiedeisendarstellung, direct aus Erzen, aber sie unterscheidet sich in vielen Punkten von der catalonischen und corsicanischen. Freilich ist sie jetzt ganz durch den Hohofenprocess und den Frischprocess verdrängt worden. Bis 1798 war sie in Oberschlesien ganz allgemein und Karsten [2]) hat sie ausführlich beschrieben. Diese Beschreibung ist deshalb so interessant, weil sie zugleich einen Vergleich der älteren Methode mit derjenigen, welche an ihre Stelle trat, giebt. — Der Heerd selbst, sagt Karsten, ist entweder aus eisernen Platten zusammengesetzt, oder es ist ein gemauerter Kessel, oder irgend ein metallenes oder thönernes Gefäss, welches mit Kohlenlösche ausgeschlagen werden kann, und auf solche Art einen Kohlentiegel bildet, in welchem die Schmelzung vorgenommen wird. Die Tiefe des Heerdes, d. h. die Entfernung der Form vom Boden ist sehr unbestimmt und beträgt 12 bis 20 Zoll. Auch der Durchmesser der kesselförmigen Schmelzgrube ist verschieden und richtet sich theils nach der Beschaffenheit der Erze, theils nach dem Winde, theils nach den Kohlen. Leichtflüssige Erze, schwerer entzündbare Kohlen und stärkerer Wind verlangen weitere Feuer, weil das Eisen sonst im Zustande des Roheisens niederschmelzen würde. Die Form liegt vollkommen horizontal.

Beim Anlassen des Luppenfeuers wird der Schmelzraum häufig mit Lehm bekleidet und dann mit Kohlenlösche ausgefüttert. Oft fällt aber auch die Lehmauskleidung fort. Nachdem das Feuer sorgfältig abgewärmt ist, wird es mit neuen Kohlen gefüllt, und dann sucht man zuerst durch sehr leichtflüssiges (oder durch Kalkzusatz leichtflüssig gemachtes) Erz die Wände des eigentlichen Schmelzheerdes aus verschlacktem Erz zu bilden, welches an den aus Kohlenlösche bestehenden Wänden des Heerdraumes niederschmilzt. Man nennt dies das Ausbrennen des Heerdes. Das nun folgende Eingehenlassen der Erze wird an einigen Orten das Zutreiben des Steins genannt. Das Erz wird zu diesem Zweck schaufelweise auf den über dem Feuer aufgehäuften conischen Kohlenhaufen geworfen, durch welchen es sich nach und nach durchziehen oder durchschmelzen muss. Frisches Erz wird nicht eher aufgegeben, als bis sich die vorige Gicht gesenkt hat. Der Kohlenhaufen wird von Zeit zu Zeit erneuert und der Process so lange fortgeführt, bis sich hinlänglich viel Eisen im Feuer angehäuft hat, um das Herausnehmen der Luppe nothwendig zu machen.

---

[1]) Das Original erwähnt diese nicht. — [2]) Eisenhüttenk. IV, 287.

Die Beschaffenheit des Eisens hängt ganz von dem schnelleren oder langsameren Sinken des Erzes ab; je schneller dies stattfindet, um so roher wird der Deul. Man hilft hiergegen durch Zusatz von gaaren Schlacken. Umgekehrt, je langsamer das Erz sinkt, um so gaarer wird die Luppe, aber um so mehr Erz wird auch verschlackt. Bei einem zu langsamen Gange muss man den Heerd verengen, das Gebläse verstärken, vom Satz abbrechen und rohe Schlacken zuschlagen, bei einem sehr matten Gange kann sogar der Fall eintreten, dass man gar keine Luppe, sondern bloss gaare Schlacke (Frischlech) erhält, wogegen bei einem zu rohen Gange nur etwas Roheisen und sehr viel Rohschlacke (matter Lech) entsteht.

Es ist die Hauptaufgabe des Arbeiters, das richtige Verhältniss des Erzes zu den Kohlen zu treffen und die Rohschlacke von Zeit zu Zeit abzustechen, ohne das Eisen ganz davon zu entblössen.

Wenn der letzte Stein aufgegeben ist, so werden die an den Wänden des Schmelzraumes etwa angeschmolzenen Stücke abgestossen und mit niedergeschmolzen, dann wird der Heerd abgeräumt und das fertige Frischstück ausgebrochen.

In Schlesien wurde durch diesen Process sofort gaares Eisen erzeugt, welches nach dem Zängen zerhauen und bei der Bereitung der folgenden Luppe ausgeschmiedet ward. In der Pfalz dagegen erzeugte man einen halbgaaren Deul, welcher in einem Löschfeuer (oft mit einem Abgang von 30 Proc.) umgeschmolzen wurde.

Abweichungen von dem beschriebenen Verfahren fanden sich hin und wieder, indem man in einigen Rennheerden das Erz mit Kohlen geschichtet vor sehr stechender (stark geneigter) Form niederschmolz und das Eisen auf dem Boden zur Gaare brachte. Damit das Erz nicht durchrollte, befeuchtete man es dann mit Wasser, ja rührte es selbst zu einer breiartigen Masse an.

In Schlesien, wo man den Heerd des Luppenfeuers aus feuerfestem Thon oder aus Ziegeln rund aufführte, brachte man alle 6 Stunden eine Luppe von $1^1/_4$ bis $1^1/_2$ Centner fertig, oder wöchentlich 30 bis 35 Ctr. Stabeisen.

Karsten stellt die Resultate dieser Methode mit denjenigen zusammen, welche bei der Verhüttung der Erze bei Holzkohlen im Hohofen und nachfolgender Verfrischung des Roheisens gleichfalls bei Holzkohlen erzielt wurden. Er sagt (1841)[1]:

„In Oberschlesien sind Tarnowitzer Erze (mit sehr viel Kieselthon gemengte Brauneisensteine) verluppt worden und eben diese Erze werden noch jetzt in Hohöfen verschmolzen. Im Luppenfeuer verbrauchte man zu $1^1/_2$ Ctr. Stabeisen 90 Cubikfuss Holzkohlen, also zu 1 Ctr. Stabeisen 60 Cubikfuss Kohlen und erzeugte im grossen Durchschnitt aus 8 Ctrn.

[1]) S. 291.

Erz 1 Ctr. Stabeisen, hatte also ein Ausbringen von $12^1/_2$ Proc. Stabeisen aus den Erzen.

Dagegen werden nach mehreren Durchschnitten aus jenen Erzen zur Darstellung von 1 Ctr. Roheisen 16,74 Cubikfuss Kohlen erfordert. Rechnet man dazu $^2/_7$ als den gewöhnlichen Abgang, den das Roheisen beim Verfrischen erleidet, so sind zu 1 Ctr. Stabeisen $1^2/_5$ Ctr. Roheisen erforderlich, und man erhält daher

$$16{,}74 + \frac{16{,}74 \cdot 2}{5} = 23{,}44 \text{ Cubikfuss}$$

Holzkohlen, als den Bedarf zu so viel Roheisen, als zu 1 Ctr. Stabeisen erforderlich ist. Der Kohlenverbrauch im Frischfeuer beträgt zu 1 Ctr. Stabeisen höchstens 22,9 Cubikfuss, folglich würden zu 1 Ctr. Stabeisen auf indirectem Wege 23,44 + 22,9 = 46,34 Cubikfuss bei Anwendung Tarnowitzer Erze erforderlich sein. — Das mittlere Roheisenausbringen aus den Tarnowitzer Erzen ist 24 Proc., und da das Roheisen beim Verfrischen einen Abgang von $^2/_7$ erleidet, so würde das Stabeisenausbringen auf dem Wege der Roheisenerzeugung noch immer über 17 Proc. betragen.

Aus diesem Vergleich beider Methoden geht also hervor, dass die Luppenfeuer weit unvortheilhafter arbeiten, indem sie $4^1/_2$ Proc. Stabeisen weniger aus den Erzen geben und zu jedem Centner Stabeisen 13,66 Cubikfuss Holzkohlen mehr verbrauchen. Es ist indess, fügt Karsten hinzu, nicht unwahrscheinlich, dass bei reicheren Erzen das Verhältniss für die Luppenfeuer günstiger ausfällt.“ Günstiger würde es freilich ausfallen, aber niemals so günstig, als die mittelbare Methode, besonders nicht, wenn man hierbei statt der Holzkohlen Koks und Steinkohlen verwendet.

2. Die Stückofenwirthschaft.

Schon in dem Capitel, in welchem die Eisenerzeugung in Indien beschrieben wurde, ist der deutsche Stückofen angedeutet worden, für welchen es übrigens keinen englischen Ausdruck giebt, den man indessen *high bloomery furnace* nennen könnte, da er eigentlich nur ein catalonisches Feuer ist, welches aufwärts in Form eines viereckigen oder kreisrunden Schachtes fortgeführt ist. Im Deutschen nennt man ihn wie gesagt Stück- oder auch Wolfsofen, weil die erhaltene metallische Masse, welche sich am Boden des Ofens sammelt, Stück oder Wolf heisst. Diese Ofenart giebt den Uebergang der Luppenfeuer zu dem modernen Hohofen und der Stückofen ist gewissermaassen die Grenze für diejenigen Oefen, in denen noch Schmiedeisen aus Erz producirt wurde; denn sobald die Dimensionen desselben, namentlich seine Höhe, noch mehr vergrössert werden, sind alle Bedingungen zur Bildung von Roheisen gegeben, und in der That wurde im Stückofen schon häufig zum Aergerniss des Schmelzers mehr oder weniger Roheisen miterzeugt.

Zwischen die Luppenfeuer und den Stückofen stellen deutsche Metallurgen noch einen Ofen von mittlerer Höhe, den sie als Blaseofen oder Bauernofen zu bezeichnen pflegen [1]), welcher früher namentlich in Norwegen und Schweden angewendet wurde, und obwohl er dort allerdings schon seit einem Jahrhundert ausser Gebrauch gekommen ist, doch noch jetzt in Finnland benutzt werden soll [2]). Man pflegt diese Art von Oefen mittlerer Höhe auch als Osmund-Oefen (*Osmund furnace*), vom schwedischen Worte Osmund, welches den darin gewonnenen Wolf bezeichnet, zu nennen.

a. Der Osmund-Ofen.

Die folgenden Nachrichten über den Osmund-Ofen verdankt der Verfasser seinem Freunde Andreas Grill. 1732 beauftragte die königliche Eisenhüttenbehörde einen ihrer Bergbeamten damit, eine genaue Beschreibung des Osmundprocesses, welcher damals nur noch in einer Provinz Schwedens ausgeübt wurde, anzufertigen, und zu diesem Zwecke bereiste derselbe jene Gegend. Seine Beschreibung war mit einer Originalzeichnung versehen, welche den Ofen, die dabei angewendeten Gezähestücke u. s. w. darstellt, und nach dieser sind auch die nachstehenden Holzschnitte ausgeführt worden. Auch Swedenborg giebt in seinem grossen Werke über das Eisen eine Beschreibung des Osmund-Ofens, welche er nach seiner Angabe einer Schrift des Schweden Peter Laxholm [3]) entnommen hat. Auch er giebt eine Zeichnung, welche in allen wesentlichen Theilen der von Grill identisch ist und daher ohne Zweifel von demselben Original copirt ist.

Beschreibung des Holzschnittes Fig. 41 (a. f. S.), wie sie im Original gegeben ist.

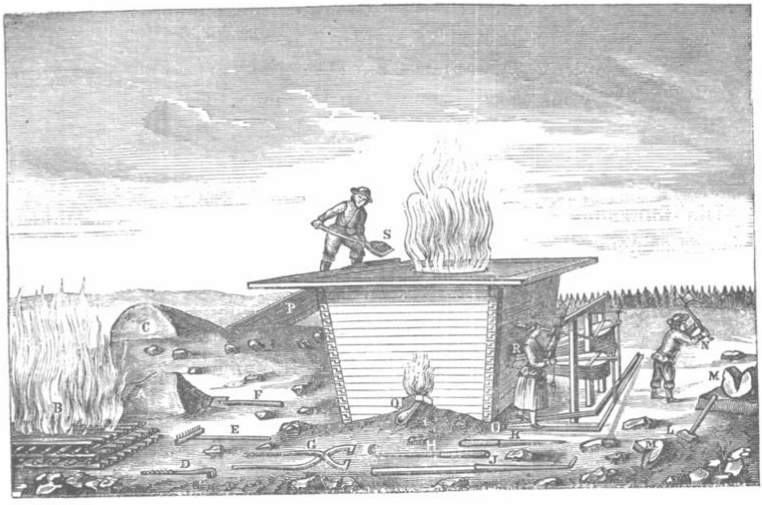
A Haufen von ungeröstetem Raseneisenerz. *B* Rösthaufen auf Holz. *C* Haufen gerösteten Raseneisenerzes. *D* Erdbohrer zum Schürfen nach Erz. *E* Holzkohlenrechen. *F* Eisenschaufel. *G* Zange, um die Osmundluppe aus dem Ofen zu ziehen. *H* Schlackenhaken, gleichfalls beim Herausnehmen der Luppe gebraucht. *K* Brechstange zur Reinigung des Schlackenloches und der Formöffnung. *L* Grosser Schlägel, zum Behämmern der aus dem Ofen kommenden Luppe. *M, M* der Eisenklumpen (*blästra*) oder Osmund, zum Theil zerspalten. *N* die Axt. *O* die Tritte zur Bearbeitung der Balgen. *P* Brücke aus Brettern. *Q* Stichloch für die Schlacke. *R* Form. *S* Holzschaufel zum Aufgeben des Erzes in den Ofen.

Im Allgemeinen wird aus den Holzschnitten die Construction des Osmund-Ofens hinlänglich klar zu ersehen sein. Swedenborg giebt einen horizontalen Durchschnitt durch die Mitte der Form, aus dem her-

[1]) Lehrb. der Probir- u. Hüttenkunde. Wehrle, 1844. 2. S. 116 u. Karsten, IV. S. 285. — [2]) Aehnlich gebaute Oefen, in welchen indessen Roheisen erzeugt wird, existiren noch jetzt in Schweden, z. B. in der Nähe von Robertsholm bei Gefle und bei Nora. — [3]) Regnum Subterraneum sive Minerale. 1734. p. 119.

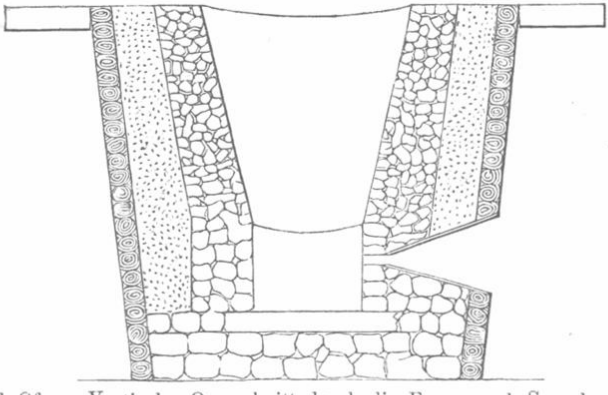
vorzugehen scheint, dass sich am Boden ein viereckiger Heerd zur Aufnahme des reducirten Eisens befindet. Nahe dem Stichloch *Q* (Fig. 41)

Fig. 41.



Osmund-Ofen nach alter Zeichnung.

Fig. 42.



Osmund-Ofen. Verticaler Querschnitt durch die Form, nach Swedenborg's Zeichnung.

war eine grosse Oeffnung im Futter des Ofens angebracht, durch welche die Luppe herausgeholt und welche während des Betriebs des Ofens zeitweise mit Steinen ausgesetzt wurde. Das Innere des Ofens (das Ofenfutter, *the inner lining of the furnace*) war aus feuerfesten Steinen hergestellt und der zwischen diesem Futter und der Holzumkleidung bleibende Raum mit Erde ausgefüllt.

Das in dem Osmund-Ofen verschmolzene Erz war Raseneisenstein, welcher im Wesentlichen bekanntlich aus Eisenoxydhydrat besteht. Hinsichtlich der Art des Vorkommens und der Gewinnung giebt Swedenborg eine eingehende interessante Beschreibung, aus welcher das Folgende entnommen ist.

Ueberall in Schweden, sowohl im nördlichen als im südlichen Theile des Landes, wird das Erz vom Boden der Seen und Ströme gewonnen. Man bezeichnet es als Seeeisenerz (*vena lacustris ferri*). Das in Angermannia vorkommende wird als uneben von Structur, oder schwammartig, von brauner Farbe (*coloris bruni*), zerreiblich zwischen den Fingern und im Bruche geschnittenem Leder gleichend beschrieben. Es tritt in einzelnen Stücken von verschiedener Form und zuweilen von der Grösse eines Handtellers auf, und in runden Körnern von der Grösse eines Gersten- oder Weizenkorns, oder auch einer Bohne; es wird nicht fern von den Ufern gefunden und ersetzt sich im Verlauf von 20 bis 30 Jahren wieder. Während des Sommers wird das Erz von Booten aus mit Hülfe von Schleppnetzen gesammelt, während des Winters dagegen durch Löcher, welche in das Eis gehauen worden waren, heraufgeholt. In ganz Småland und den anstossenden Provinzen sind derartige erzführende Seen, welche ein reichliches Material für die Roheisenerzeugung auf gewöhnliche Weise liefern. Swedenborg sagt darüber poetisch: *hic Mars uvidus amat fundos lacuum.* Im trocknen Zustande ist es leicht und porös, als enthielte es wenig Metall, aber doch ist es reich daran. Die Erze wechseln sehr in Bezug auf Reichthum und Güte, eine Art giebt die schlechteste, die andere die beste Sorte Eisen.

Die schwedische Abtheilung der Weltausstellung zu London im Jahre 1862 enthielt eine interessante Sammlung von Seeerzen, welche mit einer Beschreibung von C. W. Sjögréen begleitet war, der das Folgende entnommen ist [1]).

Unter den hauptsächlich in den Seen und Strömen Smålands vorkommenden Erzen kann man fünf Varietäten unterscheiden. Alle haben eine concretionäre Structur und werden nur nach der Aehnlichkeit in Form und Grösse ihrer einzelnen Theilchen mit Gegenständen des gewöhnlichen Lebens bezeichnet, als:

1) Perlerz (*pearl-ore*), mit 45 Proc. Eisen, ist sehr hart und schwer, auf dem Bruch dunkelbraun, ölig glänzend; es kommt hauptsächlich auf schlammigem oder thonigem Boden vor.

2) Klettenerz (*bur-ore*) hat seinen Namen nach der Frucht der Klettendistel; es ist etwas schwammig, sehr leicht und giebt selten über 30 Proc. Eisen; es zerbricht leicht und zerbröckelt beim Trocknen; es wird vorzüglich auf grasigem Boden gefunden.

[1]) On the Swedish Lake-Ores, in illustration of samples sent to the Great Exhibition in London, 1862. By C. W. Sjögréen. Ekesjö, 1862. Siehe auch Beiträge zur genaueren Kenntniss des Eisenhüttenwesens in Schweden. Von Dr. Moritz Meyer. Berlin, 1829. pp. 191—195.

3) Münzerz (*money-ore*) kommt in kleinen, runden münzenähnlichen Plättchen vor, ist dichter als die beiden vorhergehenden Sorten, sein Bruch ist ähnlich dem des Perlerzes; es giebt etwa 40 Proc. Eisen.

4) Kuchenerz (*cake-ore*) wird in Form von runden Kuchen in 2 bis 6 Zoll Durchmesser gefunden, ist weich, sehr leicht und dunkelgrau; es wird als sehr arm betrachtet, da es nicht mehr als 25 Proc. Eisen enthält und wird in Folge dessen auch selten benutzt; es findet sich auf kiesigem oder thonigem Boden.

5) Pulvererz (*gunpowder-ore*) tritt in Körnern auf, deren Farbe zwischen grünlich-gelb und glänzend-schwarz schwankt, ist im reinen Zustande sehr schwer und kann bis zu 50 Proc. Eisen geben, welches für Giessereizwecke sehr geeignet ist; es hat zur Unterlage einen feinen Sandboden, welcher sich zuweilen kaum von dem Erze trennen lässt, sobald letzteres aus dem Seewasser herausgenommen ist.

Die Seeerze sind stets mit mehr oder weniger Unreinigkeiten gemengt, deren hauptsächlichste in Sand besteht, wovon sie zuweilen bis 30 oder 40 Proc. enthalten. Der Gehalt an Eisenoxyd, Eisen- und Manganoxydul schwankt zwischen 20 und 60 Proc., der an Kieselsäure erreicht im Durchschnitt 10 Proc., der an Phosphorsäure 0,05 bis 4 Proc. und der von hygroskopischem Wasser 7 bis 30 Proc. An einer Stelle fand man Seeerz mit 20 Proc. Mangan. Uebrigens sind genaue Analysen nach Svanberg bereits in grosser Zahl Seite 420 und 421 mitgetheilt worden.

Diese Erze werden gewöhnlich in der Nähe von Geröhrichten gefunden und an den Abdachungen von Untiefen der grösseren und tieferen Seen und bilden Lager von 30 bis 600 Fuss Länge bei 15 bis 45 Fuss Breite und 8 bis 30 Zoll Dicke. Niemals kommen sie in starken Strömungen des Wassers vor. Uebrigens wird nicht dieselbe Varietät in dem ganzen Wasserlauf gefunden, als Regel gilt vielmehr, dass sich Pulvererz am Anfang findet, dann Perlerz folgt und schliesslich Münz- und Kuchenerz. Das Seeerz erzeugt sich in kurzer Zeit und es giebt Beispiele, wo das Erz in Seen, nachdem es vollständig erschöpft war, nach Verlauf von 26 Jahren zu solchem Grade wieder angehäuft war, dass es Lager von mehreren Zollen Mächtigkeit bildete. Man kann annehmen, dass die Erze ihren Ursprung infusorischer Thätigkeit verdanken.

Interessant ist die Art der Gewinnung des Erzes im Winter. Gegen Ende des Herbstes, wenn die Seen mit 2 bis 3 Zoll dickem Eis bedeckt sind, geht der Erzsammler an seine Arbeit. Er macht kleine Löcher in die Eisdecke und senkt eine lange Stange ein, durch welche er sich theils nach dem Gefühl, theils nach dem Klange überzeugt, ob Erz vorhanden ist oder nicht; es erfordert lange Uebung, diese Arbeit mit Erfolg auszuführen. Der Erzsammler bemerkt sich die Grenzen des Lagers, welches er so untersucht hat, mit kleinen in das Eis gesteckten Zweigen und macht so gewissermaassen seinen Fund zu seinem rechtmässigen Eigen-

thum. In der Weise steckt er so viele Stellen ab, als er während des Winters zu verarbeiten gedenkt. Ist dann das Eis stark genug geworden, so macht er ein etwa 3 Fuss im Durchmesser weites Loch an der äusseren Grenze seines Feldes und lässt durch dasselbe auf den Boden des Sees ein Sieb, welches aus einem an einer langen Stange befestigten durchlöcherten Eisenblech besteht. Dann sammelt er das Erz vermittelst eines eisernen Rechen von etwa 2 Fuss Breite, welcher gleichfalls an einer Stange befestigt ist, zu einem Haufen und füllt mit einem anderen nur 6 Zoll breiten Rechen das Sieb, welches nun heraufgezogen und auf die Eisdecke ausgeleert wird. In diesem Zustande ist das Erz mit Schlamm, Thon und Sand gemischt, und um es davon zu trennen, wird es in ein zweites Sieb gebracht, welches 2 bis 3 Zoll unter die Oberfläche des Wassers gesenkt wird und dort eine schüttelnde Bewegung erhält, wodurch die Unreinigkeiten durch die Löcher gehen, während das Erz verhältnissmässig rein zurückbleibt. Zwei Leute vereinigen sich gewöhnlich zu dieser Arbeit, einer ist mit dem Sammeln des Erzes, der andere mit dem Waschen desselben beschäftigt. Kommt das Erz ziemlich reichlich vor, so pflegt ein Mann von 10 bis zu 20 Ctr. täglich zu sammeln; aber das hängt natürlich nicht allein von der Geschicklichkeit des Arbeiters, sondern auch von der Art des Erzvorkommens und der Beschaffenheit des Seebodens ab. Diese Erzfischerei wird während des grössten Theils des Winters in Småland in ausgedehntem Maasse vorgenommen.

Die Erze, die wie gesagt ursprünglich für die in dem vorliegenden Capitel beschriebene Art der Eisenerzeugung gesammelt wurden, bilden noch heutigen Tages eine nicht unwichtige Grundlage der Roheisendarstellung, wie die S. 421 mitgetheilte statistische Tabelle zeigt.

Nach dieser Abschweifung kehren wir zum Betriebe der Osmundschmelzerei zurück. Das Erz, nachdem es an der Luft getrocknet worden, wurde in Haufen geröstet, wobei Holz als Brennmaterial diente. Die Röstung war in zwei Tagen vollendet. Das geröstete Erz wurde mit Holzkohlen verschmolzen, und dieselbe Folge von Operationen, welche nun schon ausführlich beschrieben worden ist, nahm ihren Verlauf. Der Deul war hinreichend rein, um sofort in verschiedene Waaren ausgeschmiedet werden zu können; während jedes Eisenstück, welches nach dem Herausholen des Deuls zurückgelassen ward, sich so unrein zeigte, dass es nöthig war, es einer abermaligen Erhitzung zu unterwerfen und die Unreinigkeiten durch kräftigeres Hämmern auszutreiben [1]).

Es konnten nicht mehr als 30 Ctr. wöchentlich in einem solchen Ofen producirt werden, und bei der Weiterverarbeitung des Osmund oder Deuls hatte man einen Verlust von 33 bis 50 Proc. Es ist besonders

[1]) Ut autem, si quæ residuæ sint, impuriores adeoque inutiles particulæ fortiori Vulcani ministerio expellerentur, alteri coctioni eadem destinabatur quantulacunque moles. Op. cit. p. 119.

der Aufmerksamkeit werth, dass trotz der Gegenwart eines grossen Phosphorgehalts in dem Erze der Osmundofen doch ein gutes Schmiedeisen lieferte, während das von denselben Erzen auf die heutige Weise durch Darstellung von Roheisen und Ueberführung desselben in Schmiedeisen gewonnene Product kaltbrüchig und daher schlecht ist.

Es wurde bereits oben bemerkt, dass der Osmund-Ofen noch in Finland in Gebrauch steht, ein Factum, welches, wie es scheint, den Metallurgen wenig bekannt ist. Aber noch interessanter ist, dass dieser Apparat neben dem modernen Hohofen seine Existenz behauptet. Auch hier dient als Material das sogenannte Seeerz und aus demselben kann nur vermittelst des Osmund-Ofens gutes Eisen gemacht werden; wovon ohne Zweifel der Grund darin liegt, dass der Phosphor aus dem Erze nicht in das Eisen geht, sondern in die Schlacke übergeführt wird. Ueber diese Methode giebt ein Schriftchen, welches in Stockholm erschienen ist [1]), Auskunft und es sind daraus die folgenden Angaben entnommen:

Im Norden und Nordwesten Finlands, besonders in der Provinz Wiborg und den anliegenden Theilen von Kuopio werden viel Seeerze verschmolzen und zwar in eigenthümlich geformten „harkhyttor" genannten Oefen, ein Name, welcher von dem finnischen Worte harkko, welches Stück, Klumpen, Deul bedeutet und dem schwedischen Worte hytta, welches Ofen bedeutet, abgeleitet ist. Diese Oefen bestehen nach der Beschreibung aus einem etwa 6 Fuss [2]) hohen Schacht; die Masse reducirten Eisens soll zwar schmiedbar sein, ist indessen häufiger eine Mischung von Roh- und Schmiedeisen und muss deshalb in einer Art Feinfeuer umgeschmolzen werden.

Die See- und Wiesenerze Finlands werden ebensowohl in diesen niedrigen Harkhyttor verschmolzen, als auch in Hohöfen und hin und wieder, wie zu Warkaus im District Kuopio, stehen beide Oefen, sammt einem Frischfeuer zur Darstellung von Schmiedeisen dicht neben einander. Das von den genannten Erzen in Hohöfen erzeugte Roheisen wird hauptsächlich für Gusswaaren verwendet und zu diesem Zwecke meist nach St. Petersburg gesandt, während die niedrigen Oefen besser für Schmiedeisendarstellung geeignet sind, weil, wie bereits erwähnt, das Eisen dabei nicht kaltbrüchig durch Phosphorgehalt wird.

In einem solchen Blaseofen zu Pangakoski im District von Kuopio werden jährlich 2000 Ctr. Schmiedeisen aus Seeerzen producirt, ein Eisen, welches als ausserordentlich gut angesehen und zum Theil am Erzeugungsort zu Nägeln verarbeitet wird.

Die Zahl der kleinen Blase- oder Harköfen in Finland ist folgende:

---

[1]) „Några Ord om Finlands Bergshandtering. Af L. J. Igelström." Stockholm, 1861. — [2]) 3 ells.

Name des Districts.	Zahl der Oefen.
Kuopio	13
Uleaborg	6
Abo	2
Wasa	2
Tavastehus	2
Zusammen	25

Die Beschreibung dieser Art Oefen kann nicht besser als mit den Worten Grill's geschlossen werden: „Ist es nicht interessant, den so einfachen und doch so erfolgreichen Weg mit anzusehen, auf dem (bei der Osmund-Ofenarbeit) Alles ausgeführt wird? Hat der Bauer seine Feldarbeit im Jahre beschlossen, so geht er für einige Wochen mit seiner Familie in den Wald, um sich einiges Geld zu erwerben durch die Darstellung von Eisen, welches er im Winter zu Markte bringt. Die Gegend, welche in dem Holzschnitte (Fig. 41) dargestellt ist, zeigt nicht mehr Civilisation als Hudsons-Bay. Der Mann mit dem Barte ist ein Dalekarlbauer, einer jenes Stammes, der, soweit Ueberlieferungen gehen, stets gute Bogenschützen geliefert hat. Die Frau ist ein Muster weiblicher Betriebsamkeit, ihre Hände sind mit der Spindel beschäftigt, während ihre Füsse die Balgen bearbeiten." „Ich gestehe," sagt Percy, „diese alten metallurgischen Processe haben einen eigenen Reiz für mich, theils wegen des Interesses, welches allem Alten anhängt, theils wegen der malerischen Scenerie, in welche viele dieser alten Werke angelegt waren, theils wegen der Betrachtung, dass das, was einst gute Dienste gethan, jetzt für immer vorbei ist."

b. Der Stückofen (*High bloomery furnace*).

Der Stückofen ist, wie schon oben bemerkt, die schliessliche Entwicklungsstufe der Oefen, in welchen schmiedbares Eisen direct aus dem Erz erzeugt wurde, und er kann als Grundlage zur Entwicklung des modernen Hohofens betrachtet werden. Ja in diesem Ofen waren die Bedingungen zur Bildung von Roheisen oft schon so günstig, dass die erzeugte Luppe sich höher kohlte und vor der Weiterverarbeitung unter dem Hammer noch einem Entkohlungsprocess unterworfen werden musste. Früher waren diese Oefen in verschiedenen Gegenden Europas in Betrieb, namentlich in Kärnthen, Krain und Steyermark; aber schon 1841 sagt Karsten[1]), dass sie in Folge ihres grossen Brennmaterialverbrauchs dort gänzlich aufgegeben seien und nur noch in Ungarn und in Deutschland im Henneberger District in beschränktem Maassstabe angewendet wurden. Beschreibungen dieser Ofenart und der damit zusammenhängenden Arbeiten finden sich in allen älteren Hüttenkunden, eine der

[1]) Karsten, Handb. d. Eisenhüttenk. 1841. 3. p. 34 u. 4. p. 283.

besten ist indessen die von Jars in seinem Berichte über die Eisenhütten zu Eisenerz am Erzberge in Steyermark [1]).

Als Beispiel ist hier ein charakteristischer Stückofen gewählt worden, welcher früher in der Nähe von Schmalkalden in der Grafschaft Henneberg des früheren Kurfürstenthums Hessen in Betrieb war und den dort vorkommenden Spath- und Brauneisenstein verarbeitete [2]).

Diese bereits S. 353 erwähnten Vorkommnisse, welche sich in geringer Entfernung von der Stadt in dem mächtigen Vorkommen des Stahlberges finden, haben seit Alters die Grundlage einer regen Eisenindustrie gebildet.

Die innere Form des Ofens war die zweier abgestumpfter Kegel, welche mit ihren Grundflächen aufeinander gesetzt sind, also ungefähr die Form unserer jetzigen Hohöfen. Die Gesammthöhe des vorliegenden Ofens betrug 16 Fuss, während zwei benachbarte nur 12 Fuss Höhe hatten. Der Durchmesser am Boden war $2^1/_2$ Fuss, an der oberen Oeffnung der Gicht (*top* oder *mouth*) $1^1/_2$ Fuss und im weitesten Theile, dem Kohlensack, welcher gerade in der Mitte der Höhe lag, d. h. 8 Fuss über dem Boden, 4 Fuss 2 Zoll. An der Gicht war das Ofengemäuer noch einige Fuss höher mit allmäliger Erweiterung aufgeführt, um bequemer aufgeben (*to charge*) zu können. Man blies mit einer Form (*twyer*), welche 14 Zoll über dem Boden lag; aber im Verlauf eines längeren Betriebes wurde der den Boden bildende Stein, der Bodenstein (*hearth-stone*), so weggefressen, dass die Höhe der Form allmälig auf 20 Zoll stieg. Dieser Wechsel in der Formhöhe soll einen ausserordentlichen Einfluss auf das Ausbringen (*yield*), die Qualität des Productes und den Verbrauch an Holzkohle gehabt haben. Die Form, welche aus Kupfer gefertigt war, lag horizontal und ragte 3 Zoll in den Ofen, letzteres ein sehr wichtiger Unterschied gegen unsere Hohöfen. Der Bodenstein bestand aus Kieselconglomerat und hatte 2 bis 3 Zoll Fall nach dem Zugloche hin, durch welches das metallische Stück, der Wolf, herausgeholt wurde. Dieses Loch war 2 Fuss weit und wurde vor Beginn des Schmelzens mit Ziegeln und Thon zugestopft. Der Wind wurde von Bälgen, welche durch Wasserräder bewegt wurden, erzeugt.

Nach Karsten wechselte die Höhe dieser Art Oefen zwischen 10 und 16 Fuss. Bei einigen erweiterte sich der innere Raum, der Schacht (*shaft*), regelmässig vom Boden bis zur Gicht, die meisten aber hatten ihre grösste Weite in der Mitte. Der Querschnitt des Schachtes war entweder rund oder viereckig. Bei einigen Oefen, z. B. denen zu Eisenerz, wurde der Wind auf der Seite eingeführt, auf welcher sich die Oeffnung zum Herausholen des Wolfes befand, in welchem Falle jedesmal vor dem Ziehen der Luppe eine Entfernung der Balgen nothwendig

[1]) Voyages métallurgiques, 1774. 1. p. 37 u. f. — [2]) Der Stoff zu dieser Beschreibung ist aus dem Werke: Praktische Abhandlung über die Eisen- und Stahlmanipulation in der Herrschaft Schmalkalden von Joh. Chr. Quantz, Hüttenschreiber zu Lehrbach. Nürnberg, 1799. S. 28 u. f. entnommen.

wurde [1]). Die Formen waren gewöhnlich aus Thon, selten aus Kupfer hergestellt, und hinsichtlich ihrer Weite galt keine bestimmte Regel. Jars beschreibt die zu Eisenerz gebräuchlichen folgendermaassen: Ein ziegelartiger Klumpen getrockneten Thons von etwa 4 Zoll Dicke wurde in den Mittelpunkt des Ziehloches gelegt, so dass er etwa 10 Zoll in das Innere des Ofens hineinragte. Seitwärts dieses Klumpens wurden noch andere Thonklumpen angebracht, welche 8 bis 10 Zoll breit, aber nur 2 Zoll dick waren. Die Fugen wurden mit Thon verschmiert und dann wurde mit einem zugespitzten Eisenstab ein Loch durch den grossen Klumpen gemacht, welcher dadurch in eine Form umgewandelt ward. Dieses Loch war etwa 3 Zoll weit an der Aussenseite und $1^1/_2$ Zoll an der Innenseite des Ofens und befand sich ungefähr 12 Zoll über dem Boden [2]).

Beim Beginn des Schmelzens wurde das Ziehloch in der beschriebenen Weise geschlossen, der Ofen mit Holzkohle, welche durch die Form angezündet ward, gefüllt. Die Balgen arbeiteten kurze Zeit und wurden dann wieder abgestellt, damit sich die Holzkohle allmälig entzündete und der Ofen nach und nach erhitzte. Sobald das Feuer die Gicht erreicht hat, wird das Gebläse wieder angelassen und die abwechselnde Beschickung des Ofens mit Eisenerz und Holzkohle beginnt. Zuerst wird nur wenig Erz aufgegeben, allmälig aber wächst das Quantum, bis das richtige Verhältniss zwischen Holzkohle und Erz erreicht ist, d. h. etwa 4 Maasseinheiten der ersteren auf eine des letzteren.

Die Schlacke wird durch eine in den Verschluss des Ziehloches gemachte Oeffnung, welche beständig offen bleibt, abgestochen. An einigen Orten wird das Stichloch für die Schlacke zuerst niedriger angelegt und steigt dann gleichzeitig mit der Form in demselben Maasse, als die metallische Masse am Boden anwächst.

Die Schlacke, welche sich zuerst einfindet, wird, wenn sie auch nur eine kleine Menge Eisen enthält, gepocht und verwaschen, um die Metalltheilchen, welche mechanisch eingemengt sind und welche nach Karsten in Kügelchen von Roheisen bestehen, wieder zu gewinnen. Hat sich dagegen schon viel Eisen im Heerde gesammelt, so müssen sich die Schlacken vor dem Abstich häufen, um die Eisenmasse im Ofen heiss zu halten; denn sonst würde sie zu schwierig zu entfernen sein und der Ofen sehr beschädigt werden, was in der That zuweilen passirt. Hat sich die gehörige Menge Eisen im Heerde gesammelt, wovon sich der Schmelzer vermittelst einer Untersuchung durch die Form überzeugt, so wird mit Aufgeben aufgehört und man lässt den Ofen niedergehen oder man setzt einige Mal leere Gichtung, d. h. bloss Kohlen ohne Erz.

Die Schlacke vor dem Abstich wird mit Wasser abgekühlt und fortgebracht, dann das Ziehloch geöffnet und die Eisenmasse, nachdem sie von den Wänden und dem Boden gelöst ist, aus dem Ofen gezogen.

---

[1]) Jars, Op. cit. 1. S. 38. — [2]) Op. cit. p. 40.

Zuweilen kommt es vor, dass die Masse einer beginnenden Schmelzung unterlegen hatte und dann fest an den Bodenstein anhängt, dann lässt man den Ofen abkühlen und entfernt die Masse auf die bestmögliche Weise.

Diese Operation muss sehr schwierig gewesen sein. Jars giebt eine genaue Beschreibung davon, wie sie zu Eisenerz ausgeführt wurde, wo man den Wolf mit grossen Zangen packte und mit Ketten, die an einer mit dem Wasserrad verbundenen stehenden Walze befestigt wurden, herauszog.

Die Eisenmasse, welche, wie bereits gesagt, gewöhnlich Stück oder Wolf genannt wurde, erhielt in einigen Gegenden auch die Namen Maass oder Guss, sie war nach Karsten meistentheils von etwas flüssigem Roheisen umgeben, welches man in Steyermark Graglach nannte.

Sobald der Wolf herausgezogen war, wurde er mit einer grossen Menge Holzkohlenstaub bedeckt, um ihn vor oberflächlicher Oxydation durch die atmosphärische Luft zu schützen und ihn heiss zu erhalten. Er kam darauf unter den Hammer, welcher zuerst nur langsam schlagen durfte, und wurde zu einem runden 3 bis 4 Zoll starken Kuchen bearbeitet und dieser in zwei ziemlich gleiche Theile zerschroten [1]), welche wieder in kleinere Stücke getheilt und zu Stäben in gewöhnlicher Weise ausgereckt wurden. Acht Leute waren für die Operationen des Zängens, Zerschrotens u. s. w. erforderlich.

Zu Eisenerz wurde, nach Jars, die Luppe zuerst von zwei Arbeitern in zwei gleiche Hälften vermittelst eben so vieler Setzeisen zertheilt und dann vollständig mit Hülfe von Keilen und grossen Hämmern zerschroten.

Ein Wolf wog im Schmalkaldischen zwischen 4 und 6 Centner und erforderte zu seiner Herstellung 216 bis 234 Cubikfuss Holzkohlen. Im Durchschnitt wurden drei solche Wölfe im Tage, d. h. 60 bis 70 Ctr. wöchentlich dargestellt. Bei einem der beschriebenen Oefen waren drei Arbeiter zu gleicher Zeit in achtstündigen Schichten (Arbeitszeiten, *shifts*) beschäftigt. Sonntags ruhte die Arbeit. Zu Eisenerz wurde ein weit schwererer Wolf erzeugt, welcher zwischen 13 und 14 Centner wog, aber das Gestell (*hearth*) des Ofens war auch viel weiter, nämlich 4 Fuss breit und $2^1/_2$ Fuss tief in der Formhöhe. Nebenbei erhielt man noch 6 bis 7 Centner Eisen, welches, nach Jars, aus dem Ofen floss, daher Roheisen oder Stahl war. Es wurden also 20 Centner Eisen und Stahl im Ganzen bei einer einzigen Schmelzoperation gewonnen und letztere dauerte 18 Stunden, wovon 15 auf die Metalldarstellung, 3 auf das Ausräumen des Wolfs, dessen Zertheilung und die Vorrichtung des Ofens für die nächste Charge verwendet wurden. Diese Vorrichtung des Ofens bestand in dessen Reinigung, der Ausbesserung des Gestells und der Bedeckung des Bodens

[1]) Nach Quantz (op. cit. p. 36) wurden diese Theile Stücke genannt und gaben dem Ofen den Namen, während das Ganze Guss hiess, ein unpassender Name, da keine eigentliche Schmelzung stattgefunden hatte. Nach anderen Metallurgen wurde aber das Ganze Stück genannt, und in diesem Falle leitet sich auch der Name des Ofens weit natürlicher ab.

mit einer ebenen und festen Lage von angefeuchtetem Holzkohlenpulver. Die Arbeiter waren [1]) verbunden, wöchentlich 7 Stücke oder Wölfe zu machen, welche das Product von 91 Kübeln oder circa 318 Centner Erz darstellten. Der Kohlenverbrauch war ein verhältnissmässig noch beträchtlicherer als bei dem Rost- (Roheisen-) Schmelzen, wo man auf jeden Centner Erz circa $12^3/_4$ Cubikfuss verbrauchte.

Das Metall, welches bei diesem Process den Wolf zusammensetzt, wird von Quantz als weich, zähe und schmiedbar, freilich in etwas geringerem Maasse als Stabeisen, beschrieben.

Im Hennebergischen wurde die Methode, direct aus dem Erze im Stückofen Schmiedeisen herzustellen, nach und nach von dem jetzigen Hohofenprocess verdrängt. Aber da der Begehr nach Stückofeneisen auch nach der Einführung des letzteren Processes bestehen blieb, so wendete man denselben Ofen für die Erzeugung beider Sorten Eisen an [2]).

Die Oefen, welche hier zur Roheisendarstellung angewendet wurden, unterschieden sich ursprünglich nur durch ein etwas engeres Gestell, aber da man sie ununterbrochen benutzen, d. h. immerwährend blasen konnte, so nannte man sie Blaseöfen, Blaaöfen oder Blauöfen [3]). Hieraus entstanden nach und nach bei vortheilhaft gefundener Erhöhung ganz allmälig unsere jetzigen Hohöfen, die nun nicht mehr geeignet sind, Schmiedeisen zu geben. Wurde der Blauofen wieder als Stückofen benutzt, so war es nur nöthig, in das etwas erweiterte Gestell vorn eine Oeffnung zu machen, welche gross genug war, um den Wolf herauszuziehen. Die Formwand des Gestelles wurde durch ein Stück Eisen, etwa einen alten Ambos, gebildet, um eine Beschädigung derselben beim Herausziehen des Wolfes zu verhindern, und das Ziehloch in der Vorderwand wurde entweder mit Ziegeln oder geformten Schlackensteinen geschlossen, während die Fugen mit kleinen Ziegelstückchen und Thon ausgesetzt wurden. Die Form liess man so wenig wie möglich in das Innere des Ofens hineinragen, um sie nicht allzu leicht beim Herausziehen des Wolfes von ihrer Stelle zu verrücken.

Nach diesem Umschwung der Verhältnisse, d. h. der theilweisen Einführung des Roheisenbetriebes, bestand der grösste Theil der eisenerzeugenden Materialien in der eisenreichen Schlacke, welche bei der Ueberführung des Roheisens in Schmiedeisen fiel, und hierzu kam noch Hammerschlag, welcher beim Ausrecken des Eisens zu Stäben erhalten wurde, sowie gelegentlich Rotheisenstein, der jedoch niemals über $^1/_4$ der ganzen Beschickung betrug.

---

[1]) Jars, Met. Reisen, übersetzt von A. Gerhard, 1777. Bd. I, S. 67 — [2]) Bemerkungen über den Betrieb der Stücköfen im Hennebergischen. Karsten's Archiv. 1 sér. 1824. 8. S. 239. — [3]) Dies die von Percy sehr begreiflicher Weise nicht gekannte Ableitung des Wortes Blauofen, welches demgemäss nichts mit der Farbe Blau zu thun hat, und daher auch sehr unzweckmässig im Französischen mit fourneau bleu (Lampadius' Manuel de Métallurgie etc. Paris 1840. 2. p. 152) scheinbar wörtlich übersetzt ist.

Da die Bedingung zur Bildung von Roheisen verlängerte Berührung des reducirten Metalls mit Kohlenstoff bei hoher Temperatur ist und diese durch Vergrösserung des Verhältnisses der Holzkohle zu den eisenerzeugenden Materialien hervorgebracht wird, so musste man umgekehrt, um wieder Schmiedeisen zu produciren, das Verhältniss an Holzkohle verringern oder in anderen Worten schwerere Gichten (*heavier burden*) geben. Dazu kam aber noch eine Bedingung: Man musste während des Processes die Schlacke frei laufen lassen, so dass der Eisenklumpen, der sich im Heerde des Ofens ansammelte, niemals von Schlacke bedeckt und dadurch vor der Einwirkung des Windstromes geschützt wurde.

Es mögen noch schliesslich zwei Analysen von Karsten Platz finden, deren eine eine reiche Schlacke betrifft, welche als Material der Eisenerzeugung diente, deren zweite die Zusammensetzung der bei der Erzeugung des Wolfes aus der Ofenbrust abfliessenden Schlacke, welche das Ansehen einer rohen Frischschlacke hat, giebt.

	1.	2.
Kieselsäure	11,10	29,1
Thonerde	0,09	4,3
Kalk	0,13	2,6
Magnesia	1,05	9,2
Eisenoxydul	84,30	51,7
Manganoxydul	2,80	2,9
Alkalien	Spur	Spur
	99,47	99,8

In der Schlacke Nr. 2 ist das Verhältniss des Sauerstoffs der Kieselsäure zu dem der Basen beinahe wie 5 : 6, also noch nicht ganz das eines Singulosilicates. Diese Analysen sind deshalb lehrreich, weil sie den sehr grossen Gehalt an Eisen zeigen, welcher mit der Schlacke verloren geht, eine Bedingung, welche aber gerade der Erzeugung eines Eisens von vorzüglicher Qualität günstig ist, weil eine eisenhaltige Schlacke sich bei niedriger Temperatur schmelzbar zeigt und daher die Reduction des Eisens ebenfalls bei einer Temperatur vor sich gehen kann, in der eine Reduction anderer Stoffe, welche das Eisen verunreinigen würden, namentlich des Siliciums, noch nicht stattfinden kann.

Schlussfolgerung [1]). Fasst man die beschriebenen, ganz oder beinahe ganz ausser Anwendung gekommenen Methoden der Darstellung des Schmiedeisens und Stahls direct aus den Erzen zusammen, so ist es nicht schwierig, die Gründe ihres Erlöschens zu erkennen. Ein grosser Verbrauch an Holzkohlen gestattet ihre Anwendung nur in holzreichen Gegenden, wo das Holz weder an Ort und Stelle zu Bauzwecken u. s. w. verwendet werden kann oder wegen schlechter Abfuhrwege noch nicht als

[1]) Fehlt dem Original.

Exportartikel höheren Werth erlangt hat; zweitens erfordern sie verhältnissmässig reiche Erze, weil einerseits der grosse Verlust an Eisen, welches in die Schlacken geht, nur bei solchen ein den Arbeitslöhnen entsprechend hohes Ausbringen ergiebt und weil andererseits nur solche Erze durch die Rennarbeit zu Gute gemacht werden können, welche wenig erdige Bestandtheile enthalten, d. h. wenig Schlacke geben, da bei reichlicher Schlackenbildung das gebildete Eisen der Einwirkung der Gebläseluft entzogen, sich kohlen und in Roheisen übergehen oder aber bei stetigem Ablassen der Schlacken zum grossen Theil mit verschlackt werden würde; drittens kann man nur verhältnissmässig kleine Mengen im Verhältniss zu der Länge der aufgewendeten Zeit produciren, weil die sämmtlichen Processe in Folge der Nothwendigkeit die fertige Luppe aus dem Ofen oder Heerde zu ziehen, nicht ununterbrochen betrieben werden können; viertens erhält man in Folge der von zahlreichen Umständen abhängigen ungleichmässigen Temperatur bald Schmiedeisen, bald Stahl, bald Roheisen, bald zwei dieser Producte vereinigt und muss häufig noch weitere Operationen mit der Luppe vornehmen, ehe sie ein brauchbares, zu Handelswaare verarbeitbares Erzeugniss liefert.

Hieraus ergiebt sich, dass eine Production von grossen Mengen einer bestimmten Eisensorte durch irgend eine der beschriebenen Methoden nicht möglich ist, und daher ist nicht nur mit dem Schwinden der Wälder, sondern auch mit dem Steigen des Begehrs nach Eisen eine derselben nach der anderen zu Grunde gegangen.

Wenn nun aber, wie noch Karsten 1841 [1]) anführt, auch in neuerer Zeit Vertheidiger der Rennarbeit aufgetreten sind, so hat das seinen Grund in der Vorzüglichkeit des erzeugten Eisens oder Stahls im Gegensatz zu einem aus gleichem Material auf mittelbarem Wege durch Zwischenbildung von Roheisen erzeugten Producte. Dies rührt von zwei Dingen her. Erstens ist das Eisen bei einer verhältnissmässig niederen Temperatur erzeugt, bei welcher das Oxyd desselben sich zwar reducirt, dagegen die übrigen schädlich einwirkenden Bestandtheile unreducirt bleiben und verschlackt werden. So wird namentlich die Phosphorsäure der Erze nicht reducirt und nicht in das Eisen übergeführt, während der bei dem gewöhnlichen Processe einmal in das Roheisen übergeführte Phosphor sehr schwierig wieder zu entfernen ist. Zweitens ist das Eisen stets mehr oder minder lange Zeit dem oxydirenden Einflusse des Gebläsewindes ausgesetzt, es wird hierdurch freilich ein grosser Theil Eisen verschlackt, aber zugleich auch wieder der grösste Theil der etwa in das Eisen gegangenen nachtheilig wirkenden Bestandtheile, Silicium, Schwefel u. s. w. Hierbei geht allerdings auch gewöhnlich der grösste Theil des Kohlenstoffs, welchen das Eisen aufgenommen hatte, verloren und daher ist es leichter, im Allgemeinen ein gutes sehniges, weiches Eisen, als Stahl mittelst der angeführten Methoden herzustellen.

[1]) Eisenhüttenk. IV. S. 281.

Man sieht, dass der Eisenverlust nicht etwa eine Folge schlechter Arbeit, sondern eine Nothwendigkeit des Processes ist, denn erstens war eine Verschlackung von Eisen nothwendig, um eine schon bei der geringen Temperatur, bei welcher das Oxyd sich reducirte, flüssige Schlacke hervorzubringen, und zweitens diente die Oxydation zugleich zur Reinigung des übrigen Theils des Eisens von Kohlenstoff u. s. w.

Im Grunde genommen kommen die sämmtlichen Rennarbeiten in ihren Grundzügen überein, aber es unterscheiden sich die in Heerden und die in Oefen ausgeführten dadurch, dass bei ersteren Reduction, theilweise Kohlung, Oxydation und Schlackenbildung stets Hand in Hand gehen und gleichzeitig unter Nachhülfe durch den Arbeiter geschehen, dagegen bei den Oefen erst die Reduction und theilweise Kohlung, und später die Oxydation und Schlackenbildung erfolgt und zwar ohne Zuthun des Arbeiters. Es sind daher insofern die Oefen ein Fortschritt gegen die Heerde, als durch das allmälige Niedergehen der mit Kohlen abwechselnd geschichteten Erzgichten die im Heerde zu demselben Zwecke nothwendige menschliche Arbeit erspart wird.

Neuere Rennarbeiten.

Die Vortheile, welche die älteren Rennarbeiten hinsichtlich der Darstellung eines vorzüglichen Eisens geboten hatten, und der Gedanke, dass es vernünftiger sei, das im Erze im oxydirten Zustande vorhandene Eisen einfach zu reduciren, als erst Kohlenstoff, Silicium u. s. w. in dasselbe zu führen und diese Stoffe dann durch einen zweiten Process zu entfernen, gaben Veranlassung zu mancherlei neueren Methoden, die zwar zum Theil mit grossem Geräusch in die Welt gesetzt wurden, von denen sich aber keine einzige eine allgemeinere, nur wenige eine locale Einführung erworben haben, deshalb, wie man sehen wird, weil sie keineswegs die Mängel der älteren Methoden vermeiden.

1. Clay's Methode.

Die folgende Beschreibung verdankt der Verfasser seinem Freunde Mr. Denham Smith, welcher selbst bei Ausführung der mitgetheilten Versuche im Grossen thätig war. Obschon diese Versuche nicht zu glücklichen Resultaten führten, so sind sie doch der Mittheilung um so mehr werth, als bei Operationen, wie die hüttenmännischen es sind, selten sofort günstige Erfolge erzielt werden.

Die Möglichkeit, rohen Eisenschwamm, welcher durch Erhitzung von reichem Rotheisenstein in gepulverter Holzkohle erhalten war, zu schweissen, war der Gegenstand von Patenten, welche dem William

Neale Clay 1837 und 1840 [1]) ertheilt worden waren, und in welchen er als seine Erfindung beanspruchte, direct aus dem Erze ohne die vermittelnde Hülfe des Hohofens Schmiedeisen darzustellen. Der Process selbst war sehr einfach. Die besseren Arten rothen Glaskopfs wurden zerkleinert zu Stücken, welche nicht über die Grösse einer Wallnuss hatten, und diese mit einem Fünftel ihres Gewichts an Holzkohle, Koks, Steinkohlenklein oder anderen kohligen Substanzen gemischt, zur Rothgluth in einer thönernen Retorte oder einem anderen passenden Gefässe erhitzt, bis das Erz in den metallischen Zustand übergeführt war. Nach vollendeter Reduction wurde das schwammartige Eisen (Eisenschwamm, *spongy-iron*) direct zum Puddelofen genommen, entweder ohne Zusatz oder mit Zusatz von etwa 5 Procent Koks, wurde dort zu Luppen geformt und unter dem Hammer zu Kolben [2]) ausgereckt, welche nachher ausgewalzt und in Handelseisen auf gewöhnliche Weise umgeformt wurden.

Diese Idee, Schmiedeisen direct aus dem Erze herzustellen, wurde versuchsweise in einem kleinen Werke bei Glasgow, später zu Liverpool im grossen Maassstabe verwirklicht, bewies sich aber ökonomisch als gänzlich verfehlt. Es wurde zwar Eisen dargestellt und zuweilen selbst solches von ausgezeichnetster Qualität und von grosser Zähigkeit und besonders zur Seilfabrikation wohl geeignetes, aber es war nicht gleichmässig und oft rothbrüchig, so dass die Schmiede es nicht verarbeiten wollten. Die Hauptquelle des Misslingens lag indessen in der Länge der Zeit, welche zur Reduction des Erzes nothwendig war, und dem daraus entstehenden Aufwande an Brennmaterial und Arbeit bei diesem Theil des Processes, wozu dann die Kosten der Anlage und der Reparaturen der grossen Zahl von Retorten oder Reductionsöfen kamen, welche nöthig waren, um selbst nur die Puddelöfen eines kleinen Werkes zu versorgen.

Man versuchte dann die Reduction des Erzes direct im Puddelofen vorzunehmen; aber hier trat wieder als Hinderniss der Aufwand an Zeit, Brennmaterial und Arbeitskraft auf und zugleich der Verlust an Eisen in Form von Schlacke im Vergleich mit dem Ausbringen, so dass man schnell hiervon zurückkam und den Process in der Weise modificirte, dass man Roheisen im Puddelofen zusammen mit einer Mischung von Rotheisenstein und Kohle anwendete. Diese letzte Methode wurde auf einigen Hütten von Nord-England, besonders in der zu Workington, welche allein für diesen Zweck eingerichtet wurde, eingeführt. Nach vielen vorgängigen Versuchen fand man, dass eine Mischung am besten für eine solche Arbeit sei, welche aus getrocknetem und soweit gemahlenem Rotheisenstein bestand, dass die Stücke durch ein Sieb von $^1/_3$ Zoll Lochweite gingen, und etwa einem Drittel seines Gewichts an Kohlenklein, welches in einer Lösung von Soda oder in Soole gewaschen

[1]) Die beiden Patente von Clay sind: A. D. 1837, Dec. 19, Nr. 7518 und A. D. 1840, March 31, Nr. 8459. — [2]) Blooms.

war, wobei nur das, was schwamm, gebraucht wurde. Ausserdem wurden zu der Mischung von Rotheisenstein und Kohlenklein auf jeden Centner Erz gewöhnlich 4 Pfund feuerfester Thon, 1/4 Pfund calcinirte Soda und 3/8 Pfund Salz gegeben, ein Zusatz, der nach den gesammelten Erfahrungen eine doppelte gute Wirkung zu haben schien, indem er die Schlacke flüssiger machte und die Luppen sich weicher und glatter walzen liessen, als wenn man die genannten Flussmittel fortliess.

Die für 1 Centner Rotheisenstein nöthige Mischung wurde in einem Haufen auf die Sohle des Puddelofens geschüttet; nach einer etwa 20 Minuten langen Erhitzung derselben bei geschlossenem Register [1]) stellte man die 4 Centner Roheisen rund um den Haufen auf. Das Roheisen unterstützte beim Niederschmelzen die Reduction. War es niedergeschmolzen, so arbeitete der Puddler seine Charge in gewöhnlicher Weise. Kurz vor dem Luppenmachen [2]) erschien es vortheilhaft, auf die aufkochende Masse, welche schon fertiges Schmiedeisen zeigte, 1/4 bis 3/8 Pfund Salpeter zu werfen, welcher hauptsächlich in Folge der plötzlichen Hitzesteigerung den Puddler befähigte, seine Charge schneller in Luppen zu formen, und zugleich auch die Schlacke flüssiger machte, was wieder ein günstigeres Zängen und Walzen zur Folge hatte. Im Uebrigen wurden die Rohstäbe zerschnitten, packetirt und zu Handelseisen auf übliche Weise ausgewalzt. Als Rotheisenstein wurde der von Ulverstone und der Umgegend von Workington [3]) angewendet, als Roheisen dagegen grösstentheils schottisches, zugleich aber auch eine geringe Menge aus Rotheisenstein erblasenes und weisses bei Zusatz von Schlacken erzeugtes.

Das erzeugte Stabeisen war ziemlich gleichmässig und von schöner Qualität und erlangte in Liverpool und Carlisle ungefähr dieselben Preise, wie die besseren Marken des welschen Stabeisens. Es wurden über 20,000 Centner auf diese Weise zu Workington gemacht, aber mit bedeutenden Verlusten. Es ist schwierig zu ermitteln, wie viel oder ob überhaupt etwas davon auf die Arbeitsmethode zu schieben ist, da das Werk nur 9 Monate in Betrieb war und alle die Zufälle und kostspieligen Auslagen, die beim Beginn und Schluss eines jeden grösseren Werkes unvermeidlich sind, ferner die Kosten der vorläufigen Versuche, der durch eine Arbeitseinstellung der Puddler verursachte Schaden und die hohen Zinsen schlecht contrahirter Schulden alle in diesem Verlust inbegriffen waren; dazu kam noch, dass die Kohle in der Nachbarschaft von Workington nicht flammend genug für die Schweissarbeit war, so dass der Abgang in den Schweissöfen, in welchen die Rohstäbe erhitzt wurden, um sie in Handelseisen auszuwalzen, weit das gewöhnliche Mittel überstieg. Es ist richtig, dass dieser Abgang noch vor Einstellung des Betriebs sehr vermindert wurde, indem man einen Strahl Theer in den

[1]) Die Zugregulirungsklappe an der Esse, the damper. — [2]) Wir müssen zur Erläuterung dieser Vorgänge beim Puddeln auf den Abschnitt über das Puddeln vorläufig verweisen. — [3]) Vergl. S. 281.

Schweissofen leitete, während die Packete der Rohstäbe für die Walzarbeit erhitzt wurden; aber macht man auch die günstigsten Annahmen für diese und andere, offenbar zu umgehende Verluste, welche bei ununterbrochener Arbeit nicht zu entstehen brauchen, so ist es doch sehr wahrscheinlich, dass dieselben Ursachen, welche gegen den Erfolg des Processes, Eisen direct aus dem Erz allein zu erhalten, wirkten, auch diese veränderte Methode als die Gegenseite eines ökonomischen Betriebs hätten erscheinen lassen, da Zeit, Arbeitskraft und Brennmaterialaufwand, welche erforderlich waren, um 1 Centner Rohschienen auf diese Weise zu machen, unbestreitbar grösser sind, als wenn Roheisen allein im Puddelofen verarbeitet wird und zwar in einem solchen Maasse, dass die Ersparniss an Roheisen mehr als aufgewogen wird. Zu Workington konnte man in 24 Stunden, selbst als das Werk in gutem Gange war, selten mehr als 10 Chargen mit Erz und Eisen in einem Ofen machen, während der Aufwand an Löhnen, Brennmaterial und sonstigen Materialien derselbe war, als wenn man eine weit grössere Zahl Chargen ausgeführt hätte, so dass es sehr zweifelhaft bleibt, ob allein schon diese Mehrausgaben durch den geringeren Abgang an Roheisen gedeckt werden konnten. Das günstige Ausbringen ist das beste Resultat, welches die Bücher des Werkes nachweisen; denn während am Anfange des Betriebes 20 Centner Roheisen und 5 Centner Rotheisenstein nur zwischen 16 und 17 Centner Rohstäbe lieferten, so gab am Schluss dasselbe Quantum Material 20 Ctr. Rohstäbe und einige der besten Puddler brachten sogar mehr aus als das eingesetzte Roheisen betrug [1]).

Der beste Beweis, dass der Process als Ganzes genommen nicht lebensfähig war, liegt darin, dass obschon er auch in anderen Werken ausser Workington versucht worden und obschon das Patent längst erloschen ist, er doch überall, wo er eingeführt war, aufgegeben und von Neuem nirgends wieder angewandt worden ist.

Das Einzige, was noch an diese Methode erinnert, ist das Aussetzen der Puddelofenränder mit Rotheisenstein, was in England und Schottland ganz allgemein ist und auch in Westphalen zuweilen geschieht. Der Unterschied dieser in der Wirkung vollkommen dem beschriebenen Betriebe gleichen, in dem Zwecke aber ganz davon verschiedenen Arbeit wird erst vollständig deutlich gemacht werden können, wenn die Puddelarbeit selbst beschrieben sein wird.

Ausbringen und Productionskosten. Das Werk zu Workington war vom 4. October 1845 bis zum 15. Juli 1846, also etwas über 40 Wochen in Betrieb. Es wurden in dieser Zeit 1019 tons, 8 cwts, 1 qr. oder 20,714 Ctr. 46 Pfd. fertiges Stabeisen dargestellt.

[1]) Dies ist wohl denkbar, gesetzt 20 Ctr. Roheisen mit 10 Proc. Abgang geben 18 Ctr. Rohstäbe und 5 Ctr. Rotheisenstein von 60 Proc. Eisengehalt 3 Ctr. Eisen, so sind dies schon 21 Ctr. Ausbringen.

Die dazu aufgewendeten Materialien betrugen:

	Tons.	cwts.	qrs.	lbs.
Roheisen und Gussabfälle	1175	16	2	—
Verbranntes Eisen und alte Retorten	31	—	—	—
Rotheisenstein als Zuschlag	252	13	2	—
Rotheisenstein zur Ausbesserung der Oefen	381	—	—	—
Stück- und Kleinkohle	3673	—	—	—
Stabeisenabfälle, einschliesslich der Stabenden	236	17	—	17

Das Ausbringen betrug 1276 tons 14 cwts. 3 qrs. 23 lbs. oder 25,943 Ctr. 53 Pfd. an Rohstäben aus gepuddeltem Eisen und geschweissten Abfällen, während im Durchschnitt $1\frac{1}{4}$ Ctr. Rohstäbe zur Darstellung von 1 Ctr. Handelseisen gehörten. Die Bruttokosten einschliesslich aller Verluste betrugen 12 Pf. St. 5 Sh. 3 P. per ton oder 4 Thlr. 7 Sgr. pro Centner fertigen Eisens, während die Nettokosten nach Abzug der schlechten Zinsen u. s. w. 11 Pf. St. 1 Sh. 6 P. per ton oder 3 Thlr. 19 Sgr. pro Centner fertigen Eisens ausmachten, dessen Verkaufspreis nur 9 Pf. St. 1 Sh. 10 P. per ton oder 2 Thlr. 29 Sgr. pro Centner betrug.

Hieraus ergiebt sich, dass für 1 ton fertigen Handelseisens folgende Materialien und Kosten nöthig waren.

Tons.	cwts.	qrs.	lbs.		Pf. St.	Sh.	P.		Pf. St.	Sh.	P.
1	3	2	20	Roheisen zu	3	15	4	per ton =	4	9	2
—	3	3	6	Abfalleisen „	4	8	—	„ =	—	16	$8\frac{3}{4}$
—	12	1	20	Rotheisenstein „	—	16	3	„ =	—	10	$1\frac{1}{4}$
3	10	—	—	Kohle „	—	7	$10\frac{1}{2}$	„ =	1	7	$6\frac{3}{4}$
				Kosten der Materialien					7	3	$6\frac{3}{4}$
				Löhne				per ton	1	17	—
				Grundzins während der wirklichen Arbeitszeit				„	—	7	$1\frac{1}{2}$
				Gehälter				„	—	3	$4\frac{1}{2}$
				Patentrecht				„	—	2	$5\frac{3}{4}$
				Beständige und zufällige Ausgaben				„	1	7	$11\frac{1}{2}$
				Nettokosten per ton Handelseisen auf dem Markte					11	1	6

oder 3 Thlr. 19 Sgr. pro Centner.

Eine Schätzung der Selbstkosten, welche mit demselben Process auf einem Werke in Lancashire erzielt wurden, wo nur einige wenige Oefen zu diesem Zwecke in Betrieb kamen, ergab nach Angaben des Werkmeisters und mit Zugrundelegung der oben genannten Materialkosten folgendes Resultat:

Tons.	cwts.	qrs.	lbs.		Pf. St.	Sh.	P.		Pf. St.	Sh.	P.
1	5	1	—	Roheisen	zu 3	15	4	per ton	4	15	$1\frac{1}{2}$
—	7	2	5	Rotheisenstein	„ —	16	3	„	—	6	$1\frac{1}{2}$
—	1	2	—	Koks	„ 1	5	—	„	—	1	$10\frac{1}{2}$
2	14	2	—	Kohle	„ —	7	$10\frac{1}{2}$	„	1	1	$6\frac{1}{4}$

Materialienkosten	6	4	$7\frac{3}{4}$
Löhne	1	7	3
Patentrecht	—	3	—
Grundzins, Gehälter, beständige u. zufällige Ausgaben	—	18	$4\frac{1}{4}$
Kosten für 1 Ton fertigen Stabeisens	8	13	3
Fracht und Spesen	—	6	—
Nettokosten per Ton fertigen Stabeisens auf dem Markte	8	19	3

d. h. 2 Thlr. 28 Sgr. pro Centner,

das würde also noch 1 Sgr. unter dem Verkaufspreise sein.

2. Renton's Methode.

Auf eine zweite Methode der directen Darstellung von Schmiedeisen aus Erz wurde im Jahre 1851 in den Vereinigten Staaten von Nord-Amerika an Mr. James Renton ein Patent ertheilt. Sie ist von Professor Wilson in einem Bericht über die Industrie-Ausstellung zu New-York an die britische Regierung beschrieben worden[1]). Sie war zu Cincinnati in Ohio und zu Newark in New-Jersey im Grossen zur Anwendung gebracht worden; jene Werke hatte Professor Wilson besucht und fand auf dem ersteren die Oefen im Bau, auf dem letzteren den Process aber schon in vollem Gange. Der angewendete Apparat glich in seiner allgemeinen Form einem gewöhnlichen Puddelofen, der am Ende eine Kammer aus feuerfesten Steinen von 10 Fuss Höhe (3 Meter), 6 Fuss Breite (1,8 Meter) und 7 Zoll (0,17 Meter) Weite hatte. Diese Kammer, welche thatsächlich eine grosse verticale Muffel oder Retorte darstellte, war äusserlich ganz von dem Fuchs oder den Feuerzügen des Ofens umgeben. Sie wurde mit 12 Ctr. einer sorgfältig hergestellten Mischung von 20 bis 25 Proc. Erz und 75 bis 80 Proc. Kohle, beide in feinen Stücken, gefüllt und hinreichend erhitzt, um die Reduction des Erzes zu bewirken. Das reducirte Erz wurde dann aus dem Boden der Kammer in den Ofenraum gezogen, dort einer Schweisshitze ausgesetzt und zu Luppen geballt, welche auf gewöhnliche Weise gehämmert und weiter verarbeitet wurden. Als Wilson das Werk besuchte, wurden Rotheisensteine mit 35 Proc. Eisen angewendet und die Luppen wogen je 73 Pfd., d. h. ungefähr so viel, wie gewöhnliche gepuddelte Luppen.

[1]) New-York Industrial Exhibition. Special Report of Professor Wilson. Presented to the House of Commons in pursuance of their Address of February 6th, 1854.

Indessen wurde angegeben, dass das Mittel des Eisengehaltes sich auf 45 Proc. stellte und das Gewicht der Luppen auf 90 Pfd. Die Kosten einer ton [1]) Luppen wurde wie folgt angegeben:

	D.	C.
$2\frac{1}{2}$ tons Erz à 4 Dollar	10	00
$1\frac{1}{2}$ tons Heizkohle	6	88
Reductionskohle (zur Kammer)	1	25
Dampfkesselkohle	2	00
Schweissen und Arbeit	5	00
Hämmern (Zängen ?) 1,5 Dollar Arbeitslohn	3	50
	29	63

oder 1 Thlr. 23 Sgr. pro Zoll-Centner.

1 Dollar = 100 Cents = 40 Sgr.

Wilson bemerkt hierzu: „Ohne die angegebenen Ziffern kritisiren zu wollen, da sie vielleicht mit Rücksicht auf die allergünstigsten Fabrikationsbedingungen gegeben wurden und natürlich sehr nach den verschiedenen Verhältnissen wechseln werden, kann man doch zugeben, dass Mr. Renton viel darin geleistet hat, einen Process in die Praxis einzuführen, welcher wirklich Schmiedeisen direct aus dem Erze herzustellen gestattet. Es ist zwar wahr, dass die Operation in einem verhältnissmässig kleinen Massstabe ausgeführt wurde und die erzeugten Mengen keine grossen waren, aber wenn das Princip richtig ist, sowohl hinsichtlich der Production als der Kosten, so könnte man wahrscheinlich den Fassungsraum der Oefen vergrössern und auf alle Fälle ihre Zahl beliebig vermehren. Das Haupthinderniss schien mir in der Schwierigkeit zu liegen, das Eisen zu Luppen zu ballen, ohne etwas unvollständig zersetztes Erz mit hineinzubringen, welches noch besondere Arbeit unter dem Hammer nöthig machte."

Wilson erwähnt auch noch eine andere Hütte von einiger Grösse, welche damals zu Motthaven bei New-York errichtet wurde, um ein Patent Harvey's zur Ausführung zu bringen, welches gleichfalls den Re-

[1]) Nach Wilson (S. 44) ist 1 ton Eisen zwar im Allgemeinen stets die grosse Tonne (gross ton) von 2240 lbs. oder 20,32 Zoll-Centner, aber Luppen und Rohstäbe werden nach dem Ankony ge- und verkauft, d. h. nach der grössten Tonne (double gross ton) von 2464 lbs. oder 22,35 Zoll-Centner und Nägel nach der Nettotonne (net ton) von 2000 lbs. oder 18,14 Zoll-Centner. — Es kann hierbei schon nicht unerwähnt bleiben, dass eine ähnliche Confusion hinsichtlich der Gewichte in England herrscht. Die ton soll eigentlich 20 cwts. zu 112 lbs., d. h. 20,32 Zoll-Centner haben, aber auf den Werken, namentlich in Süd-Wales, unterscheidet man zwischen der ton fertigen Products und der Materialien-ton, so dass häufig die ton der Materialien um so viel grösser als die ton der Producten ist, als der Abgang an Eisen bei der Verarbeitung beträgt, so dass z. B. 1 ton Roheisen (pig) auch 1 ton Feineisen (refined metal) liefert u. s. f., und daher rührt es, dass die tons der verschiedenen Werke ganz verschiedene sind und selbst die Einsicht in die Bücher dem Uneingeweihten ganz falsche Resultate gewährt.

ductionsprocess mit ganz ähnlichen Principien wie Renton umfasste. Es sollte Magneteisen mit Holzkohle gemischt, beides in Form von grobem Pulver, auf geneigte Platten oder eine geneigte Bahn von Steatit in einer Kammer, die mit einem Schweissofen in Verbindung steht, aufgegeben werden. Ein Feuer an der Basis der Kammer erhitzt die Mischung hinlänglich zum Glühen und die Flamme, welche über die Oberfläche der Platten spielt, unterstützt die Reduction des Erzes. Ist diese vollendet, so kommt das Product in den Schweissheerd, wo es in gewöhnlicher Weise zu Luppen geballt wird. Es waren vier Oefen im Bau, von denen jeder täglich etwa 100 Centner produciren sollte.

Cooper und Herwitt zu New-York benachrichtigten indessen bereits im Juli 1855 den Verfasser, dass Renton's Methode sich nicht bewährt habe und zugleich in Amerika aufgegeben worden sei.

Auch zu Vilette bei Paris sind in den Jahren 1856 und 1857 Versuche mit der Renton'schen Methode unter Pailette's Leitung angestellt worden [1]), deren Resultate nicht ganz ungünstig waren. Petitgand und Ronna führen die damals von Paillette gehegten Erwartungen an. Nach ihm erforderte die Anwendung dieser Methode keine grossen Veränderungen in den bestehenden Gewohnheiten des Puddelbetriebes; mit gewissen Abänderungen und bestimmten Erzen erlaubte sie die zur Speisung zweier Oefen nöthigen Materialien zu produciren und ausserdem noch mit der abgehenden Hitze Dampf zu erzeugen. Was die ökonomisshen Resultate anbetrifft, so boten sich bei Erzen von hohem Eisengehalt und besonders wenn man Kohle in der Nähe hatte, unter vielen Umständen bedeutende Vortheile gegen die Preise des gepuddelten Stabeisens, worauf man doch zurückgehen muss, da die übrigen Kosten allen auf Steinkohlenbetrieb gegründeten Werken gleichmässig zur Last fallen; Vortheile, welche sich noch vermehren könnten durch günstige Wahl des Ortes und Vervollkommnung der Apparate.

Die gerösteten und zweckmässig zerkleinerten Erze kamen in die Kammer, welche etwas pyramidal, mit der grösseren Fläche nach unten, geformt war und aus einem oder aus zwei Stücken bestand, in Mengen von 15 bis 20 Kilogramm, d. h. 30 bis 40 Pfund, gemischt mit gestossener Holzkohle und Sägespähnen, welche Sinterung verhüten sollten. Hier verweilten sie 4 bis 5 Stunden, kamen dann in den Puddelofen, dessen Construction sich nach der Art der Erze richtete. Man hatte je nach der Geschicklichkeit des Puddlers ein Ausbringen von 30 bis selbst 50 Proc., welches etwa $^1/_4$ bis $^1/_3$ unter dem der catalonischen Feuer zurückblieb. Das Ausbringen hob sich, wenn man zuvor eine bestimmte Menge Roheisen in dem Ofen puddelte und dann die reducirten Erze zur rechten Zeit hinabliess.

[1]) Percy-Petitgand et Ronna, II, S. 528.

3. Chenot's Methode.

Auf der ersten Weltausstellung zu London im Jahre 1851 waren sogenannte Metallschwämme (*éponges métalliques*) mit Proben des daraus ohne Schmelzung des Erzes hergestellten Eisens und Stahls zu sehen [1]). Diese Schwämme bestanden aus metallischem Eisen, welches durch directe Reduction von Brauneisenstein vermittelst Glühens (Cementation) in Holzkohle erhalten war. Es waren Klumpen, welche unter dem Polirstahl metallischen Glanz und die Farbe des Eisens annahmen. Ein französischer Metallurge drückte dem Verfasser damals seine Ueberzeugung von dem Werthe des Chenot'schen Processes, namentlich mit Rücksicht auf die Gussstahlfabrikation aus, indem er zu hoffen wagte, dass dadurch Gussstahl um 40 Proc. unter den Selbstkosten, die damals in Sheffield aufkamen, herzustellen sei. Chenot erschien auch auf der Weltausstellung zu Paris im Jahre 1855 und eine der *Grandes Médailles d'Or* wurde ihm für seine Erfindung zuertheilt, von der Le Play sagte, sie sei „die grösste metallurgische Entdeckung des Zeitalters." Mit dieser Preisertheilung sind Umstände verknüpft, welche eine scharfe Kritik zu erleiden gehabt haben, sowohl im In- wie im Auslande und welche die Mittheilung verdienen, obwohl sie denen, die darein verwickelt sind, gerade nicht zur besonderen Ehre gereichen. Das Folgende ist ein Auszug aus dem amtlichen Berichte von Waringston Smyth an das britische Handelsministerium über die Bergwerks- und Hüttenproducte der genannten Ausstellung [2]): „Eine goldene Medaille ward Adrien Chenot zu Clichy ertheilt für seine interessante Sammlung neuer und in Rücksicht auf die Praxis wichtiger Thatsachen, namentlich die verständigen und ökonomischen Processe zur Reduction des Eisens aus seinen Erzen, und insbesondere die directe Darstellung verschiedener Arten Stahl. Dieser Preis ward zuerkannt, nachdem die preussischen, österreichischen und englischen Preisrichter Paris verlassen hatten und der Rest der Jury überredet worden war, dass Chenot nun seinen Process zu dem Stadium praktischen Werthes durchgeführt habe. Der verstorbene Chenot, dessen vorzeitiger Tod die Folge eines Sturzes aus dem Fenster nach dem Schlusse der Ausstellung war, hatte sich viele Jahre hindurch diesem speciellen Zweige der Metallurgie gewidmet und war nun gerade da angekommen, wo er seine Pläne im Grossen in Erfüllung gehen zu sehen hoffen konnte ... Chenot veranschlagte, dass die Production einer guten Qualität Stahl einschliesslich eines reichlichen Ueberschusses als Reingewinn nur 40 Pf. St. per ton oder etwa $13^1/_3$ Thlr. pro Centner kosten würde ... Vorkehrungen zur Ausübung des Processes in grossem Masstabe sollten in Frankreich und England gegen Ende des Jahres 1855 getroffen werden."

---

[1]) Official Catalogue, France, Nr. 119. — [2]) London 1857, p. 36.

Professor Tunner zu Leoben, einer der österreichischen Preisrichter, hat gegen diese Preiszuerkennung energischen Protest erhoben und diesem stimmte sein College Rittinger öffentlich bei [1]).

Tunner führt an, dass zweimal die ganze Jury den Vorschlag, Chenot's Erfindung den ersten Preis der französischen Ausstellung zuzuerkennen ablehnte, und dennoch zum dritten Male ein reiner Ueberrest des Preisgerichts diese beiden vorgängigen Urtheile des Plenums umstiess. Vielleicht auf Grund des Sprichworts: Ende gut, Alles gut [2])!

Es gingen merkwürdige Gerüchte um in Beziehung auf den muthmaasslichen Anstifter dieser hartnäckigen Anstrengungen, Chenot zu ehren, die in Verbindung treten mit einem Versuch, den Process in Russland einzuführen; Gerüchte, welche, wenn sie wahr wären, der Vermuthung Raum geben, dass Eifer für die Wohlfahrt jenes Landes nicht die einzigen Beweggründe waren. Man mag diese Anführungen für überflüssig erachten, und doch wie nothwendig ist es, dass wenn metallurgische Processe mit hochtrabenden Redensarten gepriesen und als ausserordentlich rentable Unternehmungen für Capitalisten, gerade von Leuten empfohlen werden, welche eine hervorragende Stelle in der bürgerlichen Gesellschaft einnehmen, — dass dann nichts vorliege, was auch nur den Verdacht einer nicht uninteressirten Handlungsweise hervorrufe!

Auf der Londoner Weltausstellung von 1862 fanden sich zwar auch noch einige Proben und ein schlechtes Modell zur Illustration der Chenot'schen Methode, welche eher ein Fehlschlagen als einen Erfolg andeuteten und die in der That kaum einige Aufmerksamkeit verdienten; damals wurde kein Versuch mehr gemacht, das Experiment von 1855 mit der Jury zu wiederholen.

In England wurden vier Patente [3]) im Jahre 1856 auf diesen Process ertheilt, die übrigens zum Theil in so schlechtem Englisch geschrieben waren, dass sie kaum verständlich sind [4]).

Chenot hat einen warmen und ausführlichen Biographen in Ed.

---

[1]) Oesterreich. Zeitschrift f. Berg- u. Hüttenwesen. 1856. Nr. 52, p. 415. — [2]) The third time pays for all. — [3]) Sie sind alle von demselbem Datum. A. D. 1856. Nr. 1587. „A Method of Extracting, Eliminating, Extraneous Substances from Steel Sponges" (sic.). Nr. 1588: „Improvements in Sorting Ores, or Separating Metals from each other, and from certain Combinations with other Substances." — Nr. 1589: „Improvements in Machinery for Compressing Metallic Sponges and other Substances." — Nr. 1590: „Improvements in Apparatus for the Reduction of Metallic Oxyds" (sic). — [4]) Als Beispiel hierfür diene folgende Stelle aus dem Patent Nr. 1590, p. 2: „The consequence of this principle is the possibility of immediate calefaction, either by injection of flames into the bulk to be reduced, or sometimes by burning in the bulk the fuel mixed and blended with the oxyd, to reduce which latter case is that which generally takes place, save the possibility of withdrawing the charges, except also the mobility of the apparatus in the upper range of the blast furnace, and other furnaces used for the treatment of lead, tin etc."

Grateau gefunden, welcher einen langen Aufsatz über die Darstellung von Gussstahl nach Chenot's Methode geschrieben hat [1]).

Wir ersehen daraus, dass Adrien Chenot 1822 die *école des mines* zu Paris verliess und 1823 die ersten Versuche nach seinem System machte, wozu er die Idee bereits während seines Studiums gefasst hatte. 1831 errichtete er einen Ofen in grossem Maassstabe für die Darstellung von Eisen direct aus Erzen. Zwischen dieser Zeit und 1834 machte er zahllose Versuche jeder Art. 1846 finden wir Chenot zu Clichy-la-Garenne und „von da an betrat er den Pfad, welcher ihn zum Erfolge führte." Nach neuen Versuchen, die Chenot zu Clichy und in Ariége von 1852 bis zu seinem 1855 erfolgenden Tode ausführte, erhielt er eine Reihe von Patenten, welche, wie der Biograph sagt, zu der Einbürgerung dieser Methode als einem regelmässigen Fabrikationszweig für Stahl führte. Hier soll nur die Methode der Darstellung von Eisen direct aus dem Erze beschrieben werden, weil die nachfolgende Kohlung dieses Eisens zu Stahl nicht mehr als directe Methode bezeichnet werden kann.

Nach Grateau sind folgende Werke zur Ausführung des Chenot'schen Processes errichtet worden: Zu Baracaldo, bei Bilbao, in Spanien, 1852; zu Clichy-la-Garenne, bei Paris, 1855; zu Couillet, bei Charleroi in Belgien, 1856, zu Pontcharra (Isère) 1856, und zu Hautmont (Nord), in Frankreich, 1857.

Damals stand die Errichtung von russischen Werken gleichfalls in Aussicht. Die Beschreibung ist nach Grateau dem zu Hautmont geführten Betriebe entnommen.

Vorausgesetzt, das Erz ist genügend rein, sei es in Folge seines natürlichen Vorkommens, sei es durch Aufbereitung, so wird es, falls es massig vorkommt, in Stücke von etwa 30 Cubikcentimeter zerbrochen, falls es pulverförmig vorkommt, wie z. B. bei oolithischen Erzen, durch Compression, zum Theil unter Zufügung von reducirenden Substanzen, z. B. 3 Proc. Harz verdichtet; nach solcher Vorbereitung wird es mit mehr Holzkohle gemischt, als zur Reduction des gesammten Eisenoxydes gehört. So wird für die Praxis ein Erz von 55 Proc. Eisen mit $1^1/_4$ bis $1^1/_2$ seines Volumens an Holzkohle, d. h. 190 Gewichtstheile Holzkohle auf 1000 Theile Erz vermengt. Hiermit wird der Reductionsofen beschickt.

Dieser Ofen besteht aus einem gemauerten kubischen Fusse, darauf erhebt sich ein abgestumpfter Kegel von elliptischem Querschnitt. Zwei Gänge oder Gallerien durchschneiden den Fuss unter rechten Winkeln, so dass vier Pfeiler entstehen, welche die Ecken einnehmen. Hierauf ruhen Gewölbe, welche die Feuerungsroste tragen. Innerhalb sind zwei rechteckige verticale Kammern oder Retorten angebracht, 2 Meter lang, 0,50 Meter breit und 8,50 Meter hoch. Unter der Hüttensohle befindet sich gerade darunter ein Schacht, welcher den Entleerungsapparat aufnimmt.

[1]) Revue Universelle. Paris et Liége. 4. Livraison. 1859. pp. 1 — 62.

Die Gesammthöhe des Ofens von der Hüttensohle ist 13 Meter, von dem Boden des Schachtes 14,20 Meter. Der untere Theil der Retorten erweitert sich etwas nach unten, um das Herausfallen des reducirten Gutes zu erleichtern [1]). Um jede Retorte zieht sich eine Reihe verticaler Züge, welche unten mit den Rosten communiciren und oben mit einem weiten Canal in die Luft münden. Die ganze Construction ist fest mit Schmiedeisen verankert. Die Ziegeln, welche die Retorten bilden, sind nach oben mit einer Leiste (Feder), nach unten mit einer Nuthe versehen, um seitliche Verschiebungen zu verhindern.

Würde das reducirte Eisen noch heiss oder nur warm mit der Luft in Berührung kommen, so würde es verbrennen, d. h. wieder oxydirt werden. Um dies zu verhüten, ist am Boden der Retorten ein rechteckiger Behälter aus Blech von 0,002 Meter Dicke und 4,50 Meter Länge angebracht, der zur Abkühlung dient und daher *refroidisseur* (*cooler*) genannt wird. Unter demselben befindet sich ein zweiter Behälter aus Gusseisen, der an einer Seite mit Löchern versehen ist, um die Stäbe eines Rostes durchzulassen, und an der anderen Seite einen Vorsprung oder eine Vertiefung hat, um den Enden der Roststäbe als Unterlage zu dienen.

Es sind 50 solcher Roststäbe angebracht, von je 0,018 Meter im Durchmesser und 0,020 Meter Zwischenraum. Der Kühler kann, wenn das nöthig ist, von einem Mantel umgeben werden, innerhalb dessen ein Strom kalten Wassers circulirt, um die Abkühlung des reducirten Eisens zu befördern und die Durchbringung einer grösseren Zahl von Chargen in derselben Zeit zu gestatten. Unterhalb des Kühlers und im Niveau der Hüttensohle läuft auf Schienen ein Wagen, dessen Boden beweglich ist und sich vermittelst eines horizontalen an einer verticalen Axe beweglichen Hebels heben und senken lässt. Soll der Ofen entleert werden, so wird der bewegliche Boden des Wagens bis zu den Roststäben gehoben und von letzteren einer nach dem anderen herausgezogen. Dann wird der Boden des Wagens wieder zu seiner ursprünglichen Stellung gesenkt und zugleich mit ihm fällt das reducirte Eisen aus dem Ofen und füllt den Wagen.

Die Gesammtkosten eines solchen Ofens einschliesslich Ziegeln, Eisenwerk, Arbeitslohn u. s. w. werden auf 11,500 Francs oder 3066 Thaler veranschlagt. Die folgenden Details beziehen sich auf die mit nur einer Retorte versehenen Oefen zu Hautmont, von 1,50 Meter lichter Länge und 0,50 Meter Breite. Die Arbeitslöhne für die zwölfstündige Schicht sind:

Für einen	Feuermann, der zwei Oefen bedient	3	Fr.	= 24	Sgr.
„ „	Aufgeber und Auszieher	2	„	= 16	„
„ „	Arbeiter, der das Erz anfährt und zerkleinert	2	„	= 16	„
„ „	Knaben, der die Beschickung siebt	$1\frac{1}{2}$	„	= 12	„
	Zusammen . . .	$8\frac{1}{2}$	Fr.	= 2 Thlr. 8	Sgr.

[1]) Man sieht, das Ganze hat einige Aehnlichkeit mit den im ersten Bande abgebildeten und beschriebenen Appolt'schen Koksöfen.

Das tägliche Durchsatzquantum eines Ofens mit einer Retorte beträgt 1500 Kilogrm. oder 30 Ctr. gerösteten Erzes und 500 Kilogrm. oder 10 Ctr. Holzkohle. Die Reduction ist nach 3 Tagen vollendet, worauf die vorhergehende Charge aus dem Kühler herausgezogen wird und der neu gebildete Eisenschwamm hineinfällt, um dort abermals drei Tage zu verweilen, so dass die ganze Operation, Reduction und Kühlung sechs Tage dauert. Das Ausbringen beträgt 1100 Kilogrm. oder 22 Ctr. nach Abzug von 100 Kilogrm. oder 2 Ctr. Holzkohle, welche beigemischt sind. Zugleich werden hierzu 1300 Kilogrm. oder 26 Ctr. Kohle als Brennmaterial verbraucht.

Das verwendete Erz stammte von Sommorostro in der Provinz Biskaya in Spanien; es bestand aus einer Mischung von Eisenoxyd und kohlensaurem Eisenoxydul mit 55 Proc. Eisen. Die Kosten waren auf der Grube 10 Fr. pro Tonne oder 4 Sgr. pro Centner, betrugen aber zu Haumont 45 Fr. oder 18 Sgr. pro Ctr.

Die Analyse ergab für das Erz von Sommorostro [1]):

Eisenoxyd	78,70
Manganoxyd	0,65
Kieselsäure	10,01
Thonerde	2,36
Kalk	0,06
Wasser	8,22
	100,00

Zu Baracaldo wurden nach Grateau täglich zwischen 16,000 und 18,000 Kilogrm. oder 320 bis 360 Ctr. Eisen fabricirt, wovon 10,000 Kilogrm. oder 200 Ctr. aus Eisenschwamm in Frischfeuern erhalten wurden und der Rest durch gemeinschaftliches Verpuddeln von Eisenschwamm und Roheisen. Sandberg giebt an, dass zu Baracaldo 1862 Eisen auf drei Arten gemacht wurde: 1) Durch Chenot's Process mit indirecter Erhitzung, 2) durch Verpuddeln von Holzkohlenroheisen und 3) durch Verpuddeln von Koksroheisen. Die Preise waren pro Ctr. beziehungsweise $6^2/_3$ Thlr., 6 Thlr. und $5^1/_3$ Thlr.

Das Erz, welches zu Chenot's Process in Baracaldo benutzt wurde, und von Campanil bei Bilbao herstammt, ist folgendermaassen zusammengesetzt:

Eisenoxyd	80,60
Eisenoxydul	5,42
Manganoxyd	2,00
Kieselsäure	2,00
Thonerde	0,40
Kalk	Spur
Kohlensäure	3,39
Wasser	6,30
	100,11

[1]) Die Analyse entspricht der oben angegebenen Zusammensetzung des Erzes nicht, da sowohl Kohlensäure als Eisenoxydul fehlt, und wenn man annehmen wollte, dass das Erz im gerösteten Zustande analysirt wäre, dürfte kein Wasser nachgewiesen worden sein (Anm. d. Bearb.).

Bei vollkommener Reduction hat der Eisenschwamm eine lichtgraue Farbe, ist weich und lässt sich leicht mit dem Messer in dünne Spähne schneiden. Er kann mit einem Streichholz angezündet werden, und brennt dann so lange fort, bis er ganz oxydirt ist. Das unvollkommen reducirte Erz hat eine schwarze Farbe und lässt sich weder schneiden noch anzünden.

Im Durchschnitt ist das specifische Gewicht eines gut hergestellten Schwammes nicht über 1,25, schwankt aber natürlich nach der Art des Erzes, der Reductionstemperatur und anderen Umständen. Unter einem Drucke von etwa 3000 Atmosphären wird der Schwamm zu $^1/_5$ seiner ursprünglichen Masse reducirt. Während des Zusammenpressens entwickelt sich starke Hitze.

Die Benutzung des Eisenschwammes zur Erzeugung von Stahl wird Gegenstand der Behandlungen in dem Capitel über Stahl sein.

Wie menschlich übrigens Irren ist, beweist Grateau's Urtheil über Chenot's und Bessemer's Process, deren letzteren er als mit Recht gänzlich aufgegeben, deren ersteren er als den Anfang einer glänzenden Zukunft hinstellt. Er sagt: „Chenot's Process, die Frucht fünfundzwanzigjähriger beharrlicher Untersuchungen und gegründet auf wahrhaft industrielle Grundlagen, bietet eine glückliche Vereinigung von Wissenschaft und Praxis dar. Er wird eine Errungenschaft der Metallurgie bleiben, deren Gebiet er erweitert hat, während er der Technik eine neue Methode zur Darstellung gewöhnlichen Stahls guter Beschaffenheit, dessen Verwendung alltäglich ausgedehnter wird, geliefert hat." Grateau's Prophezeiung hat sich sowohl in einer wie in der anderen Beziehung als irrthümlich herausgestellt. Chenot's Methode ist so gut wie von der Erde verschwunden, Bessemer's Methode breitet sich immer mehr aus.

Bis jetzt ist die Modification der Methode beschrieben worden, welche als diejenige mit äusserlicher oder indirecter Heizung bezeichnet zu werden pflegt, es giebt aber noch eine andere, die man diejenige mit innerer oder directer Heizung nennt [1]). Nach dieser letzteren wird das Erz durch einen Strom heissen Kohlenoxydgases, nicht durch beigemengte feste Kohle reducirt. Der Ofen besteht im Wesentlichen aus einer rechteckigen verticalen Kammer, mit einem darunterliegenden eisernen Kühler, gerade wie der bereits beschriebene Apparat; im Uebrigen aber zeigen beide bedeutende Abweichungen. Die Kammer ist hier nämlich mit zwei Kohlenoxydgas-Generatoren oder Gasfeuerungen gewöhnlicher Construction verbunden, deren je einer an jeder Langseite steht und mit der Reductionskammer sowohl in der Nähe des Bodens als über dem oberen Theile des Kühlers in Verbindung gesetzt ist. Als Brennmaterial wird

[1]) Sowohl Einiges von dem bisher Mitgetheilten, als namentlich das Folgende ist den Mittheilungen Sandberg's zu verdanken, welcher über Chenot's Process an die Eisenhüttenbehörde zu Stockholm im November 1862 Bericht erstattete.

Holzkohle verwendet. In die Generatoren wird Luft von $^1/_2$ Zoll Quecksilber Pressung geblasen, und dadurch ein an Kohlenoxydgas reicher Gasstrom erhalten, welcher aufwärts durch die Erzsäule in die Reductionskammer streicht, an deren oberem Ende er mit der charakteristischen blauen Flamme herausbrennt, es sei denn, dass gelegentlich das verdampfte Wasser aus dem Erze eine Störung hervorbringt. Man hat mit Erfolg diese abgehende Flamme zur vorläufigen Trocknung des Erzes verwendet. Der Druck des Gases muss so hoch gewählt werden, dass es in geringer Menge aus dem Boden ohne Selbstentzündung ausströmt, sich aber leicht durch ein Streichholz anzünden lässt; sonst könnte Luft im Ueberschuss zu dem reducirten Erze treten und es von Neuem oxydiren.

Tourangin hat eine Aenderung dieser directen oder innerlichen Heizmethode vorgeschlagen, welche nach Sandberg an drei Orten, bei Bilbao und an einem Orte in Frankreich ausgeführt worden ist. Der angewendete Ofen ist nur etwa 20 Fuss hoch und man braucht daher keine maschinellen Vorrichtungen, um die Beschickung hinaufzuschaffen. Die Kosten der Production sollen sich nur halb so hoch als bei Chenot's Construction belaufen, obschon das Princip ganz dasselbe ist. Auch hier hat man eine verticale, übrigens quadratische Kammer, an jeder Seite einen Gasgenerator u. s. w. Der Boden des Ofens liegt etwa 2 Fuss unter der Oeffnung, durch welche das Gas aus dem Generator eintritt, und neigt sich nach der Frontseite zu, welche offen ist. Diese Oeffnung wird indessen geschlossen, bis auf die Zeit des Herausziehens des Schwammes, welcher diesen Weg nehmen muss, um in einen eisernen Kasten zu fallen, der zur Verhinderung erneueter Oxydation mit Asche bedeckt wird. Ueber dieser Oeffnung oder dem Ziehloche sind mehrere bewegliche eiserne Stäbe eingelassen, die das Erz, wie dies oben beschrieben wurde, tragen und die von Zeit zu Zeit den Umständen angemessen herausgezogen und wieder eingesetzt werden. Das Gebläse muss während des Herausziehens des Schwammes im Gange bleiben, um den Zutritt der Luft in den Ofen zu verhindern. Man kann in einem solchen Ofen wöchentlich etwa 400 Ctr. Eisenschwamm produciren und denselben in der gleichen Zeit in einem Holzkohlenheerde zu Luppen ausschweissen, wobei das Ausbringen 50 Proc. beträgt.

Dieser Hohkohlenheerd, welcher dazu dient, den lockeren Eisenschwamm zusammenzuschweissen, ist ähnlich einem gewöhnlichen Frischfeuer eingerichtet. Wenn die erhaltene Luppe gehämmert wird, so strömen blaue Flammenstrahlen nach allen Seiten aus. Hat man ein Walzwerk, so kann man die Luppen in derselben Hitze zu Stäben von etwa $1^3/_4$ Zoll Querschnitt auswalzen, die dann in Stücke von 12 Zoll Länge zerschnitten werden. Während des ersten Walzens ist das Eisen von einer blauen Flamme umgeben. Es zeigt sich sehr weich. Die zerschnittenen Rohstäbe können in einem mit Steinkohle gefeuerten Schweissofen wieder erhitzt und zu Handelseisen verschiedener Dimensionen ausgewalzt werden.

In Baracaldo schätzte man das Chenot-Eisen sehr als Material zu

Hufnägeln und gab gern dafür höhere Preise als für gepuddeltes Eisen, obschon es, wie Sandberg bemerkt, nicht so gleichartig war, wie letzteres. Das Eisen ist ausserordentlich weich und zähe und zeigt eine sehnige Structur. Einen körnigen Bruch konnte man nur hin und wieder beobachten. Bei Rothgluth verhielt es sich ausserordentlich weich und liess sich leicht bearbeiten, war frei von Kantenrissen, auch wenn es ohne grosse Sorgfalt geschmiedet wurde.

Sandberg giebt für die Productionskosten nach beiden Modificationen der Chenot'schen Methode nach den Angaben, welche ihm auf den 1862 besuchten Werken gemacht wurden, die folgenden Ziffern.

Bei äusserer oder indirecter Erhitzung. — Zu Baracaldo machte man im Jahre 1862 etwa 40,000 Centner, und 1 Centner fertigen Stabeisens erforderte:

1,15 Ctr. Luppen oder Nr.-1-Eisen,
1,60 „ Eisenschwamm,
2,56 „ staubfreies Erz,
3,00 „ gefördertes Erz von der oben mitgetheilten Zusammensetzung.

Ferner an Brennmaterial:

1,00 Ctr. Steinkohle beim letzten Schweissen,
0,86 „ staubfreie Holzkohle im Holzkohlenheerd,
0,64 „ Holzkohlenpulver im Reductionsofen für 1,15 Ctr. Luppen,
1,75 „ Steinkohlen zur Erhitzung des Reductionsofens für 1,60 Ctr. Schwamm.

Gesammtverbrauch an Holzkohle . . . . 1,50 Ctr.
„ „ Steinkohle . . . 2,75 „

Bei innerer oder directer Erhitzung. — Zu Laramade erzeugte man jährlich (nach den Resultaten vom März 1863) 12,000 Ctr. und brauchte für 1 Ctr. Handelseisen:

1,10 Ctr. Luppen oder Nr.-1-Eisen,
2,20 „ Eisenschwamm,
3,19 „ staubfreies Erz,
3,75 „ Fördererz, welches nicht so reich als das von Baracaldo ist.

Ferner an Brennmaterial:

1,00 Ctr. Steinkohle zur letzten Schweissung,
0,88 „ Holzkohle im Holzkohlenheerd für 1,10 Ctr. Luppen,
0,99 „ Holzkohle im Reductionsofen für 2,20 Ctr. Eisenschwamm.

Zusammen 1,87 Ctr. staubfreie Holzkohle und 1 Ctr. Steinkohle.

Dagegen ist der Verbrauch der Eisenerzeugung aus Roheisen an einzelnen Orten Schwedens, wo man sehr sorgfältig arbeitet, für 1 Ctr. Stabeisen:

1,25 Ctr. Roheisen,
2,50 „ Erz mit 50 Proc. Eisen.

An Brennmaterial:

1,66 Ctr. Holzkohle zum Frischen und Schweissen,
1,00 „ Holzkohle zur Erzeugung von 1,25 Ctr. Roheisen in Hohofen.

Zusammen 2,66 Ctr. Holzkohle.

Zum Vergleich wird auch noch der Aufgang im welschen Frischfeuer, welches in Schweden oft angewendet zu werden pflegt, aufgeführt:

1,10 Ctr. Luppen, ungeschweisst,
1,25 „ Roheisen,
2,50 „ Erz mit 50 Proc. Eisen.

An Brennmaterial:

1,00 Ctr. Steinkohle zur letzten Schweissung der Luppen,
0,90 „ Holzkohle beim Verfrischen von 1,10 Ctr. Luppen,
1,00 „ Holzkohle zur Erzeugung von 1,25 Ctr. Roheisen im Hohofen.
Zusammen 1,90 Ctr. Holzkohle und 1,00 Ctr. Steinkohle.

Das kommt ungefähr auf den Verbrauch an Brennmaterial, welchen der Chenot'sche Process mit der Tourangin'schen Modification nachweist.

Der unglückliche Chenot scheint unbegrenztes Vertrauen auf seine Erfindung gesetzt zu haben und betrachtete sie — welcher Erfinder thäte das nicht — als eine grosse Entdeckung, ohne Zweifel nicht bekannt mit dem, was Clay und Andere vor ihm gethan hatten. In dem Bericht, welchen Chenot der Jury der ersten Classe in der Ausstellung von 1851 mittheilte, findet sich folgende Zusammenstellung der vermutheten Vortheile seines Processes: „Die Möglichkeit, aus allen Sorten Rohmaterial, an jedem Orte, mit jedem Arbeiter, mit geringem Anlagecapital, mit wenig maschinellen Hülfsmitteln die bestmöglichen Producte zu erhalten, bürgt für den ökonomischen Nutzen besser als eine Zusammenstellung blosser Zahlen ... Ich fordere jeden Eisenhüttenmann heraus, mit denselben Kosten nach den gewöhnlichen Methoden nur Roheisen von mittlerer Qualität zu erzeugen, mit denen ich ausgezeichnetes Eisen oder Stahl nach meiner Methode im Zustande der Luppen herstellen kann. Ganz abgesehen von dem Kostenpunkt kann ich jede Art von Brennmaterial verwenden; und ich brauche auch nur die Hälfte des Anlagecapitals.“ Der Leser möge diese pomphafte Ankündigung eines enthusiastischen Erfinders mit der folgenden ruhigen und leidenschaftslosen Ansicht einiger competenten und uninteressirten Männer vergleichen.

Im Jahre 1856 wurde folgender Bericht von Combes, Regnault und Thirria dem französischen Minister für öffentliche Arbeiten über den Chenot'schen Process der Eisen- und Stahldarstellung überreicht [1]).

1) Die Gussstahlsorten, welche nach Chenot's Methoden zu Clichy-la-Garenne aus den Erzen von Sommorostro fabricirt werden, können als von guter Qualität und anwendbar zu denselben Zwecken, wie gute aus französischem Eisen erzeugte Sorten Stahl angesehen werden.

2) Chenot's Methoden scheinen sich mit Vortheil für die Stahlfabrikation aus einigen reichen Erzsorten Frankreichs und des Auslandes an geeigneten Plätzen verwerthen zu lassen.

---

[1]) Revue universelle, loc. cit. p. 20.

3) Es ist unwahrscheinlich, dass diese Processe in ihrem gegenwärtigen Zustande sich mit Vortheil für die Darstellung von Eisen anwenden lassen, es sei denn da, wo man reiche Eisenerze zu niedrigen Preisen und billige Arbeitslöhne hat.

Welch grosser Unterschied zwischen dem denselben Gegenstand behandelnden Bericht jenes Ueberrestes des Preisgerichtes auf der Ausstellung von Paris im Jahre 1855 [1])!

„Wir gratuliren Herrn Chenot zu den genialen Anordnungen, durch deren Hülfe er vermag:

1) Mit seiner elektro-magnetischen Aufbereitung jeden Theil des Metallschwammes von den Bruchstücken beigemengter Holzkohle zu trennen, wenn die Producte aus dem unteren Theile des Ofens herausgezogen werden.

2) Die Zusammendrückung der Schwämme und auch aller Art Metallabfälle zur Weiterverarbeitung oder zur Darstellung von Legirungen zu bewirken.

3) Einen beträchtlichen Vortheil in vielen Fällen zu verwirklichen, besonders bei dem Schmelzen des Stahls, wobei die Aschen der verwendeten Koks so flüssig gemacht werden, dass die Roste stets rein und frei von den zähen Schlacken bleiben, welche so oft sich darauf sammeln, sie zerstören und den Zug verhindern."

Schliesslich ist die Jury der Meinung, dass vielleicht kein Aussteller ein bemerkenswertheres Ganze von neuen und wichtigen Thatsachen in industrieller Hinsicht geliefert hat, und dass, wenn auch noch gegenwärtig nicht zugestanden werden kann, dass diese Entdeckungen oder Erfindungen den Zustand der technischen Entwicklung in grossem Maassstabe erlangt haben, so doch die Producte wenigstens eine solche ausnahmsweise Vollkommenheit, die sie der Wissenschaft oder der Praxis verdanken, erlangt haben, dass die Jury gerechtfertigt erscheint, wenn sie die *Medaille d'honneur* an Chenot ertheilt.

Bei der directen Gewinnung von schmiedbarem Eisen aus dem Erze, wie sie Chenot vorgeschlagen hat, ist es mit Rücksicht auf die geringe Temperatur, welche gerade genügt, um das Eisenoxyd in den metallischen Zustand zu reduciren, klar, dass eine grosse Classe von Erzen, wie die Thoneisensteine u. s. w., ganz ausgeschlossen werden müssen.

Diese Erze enthalten eine so beträchtliche Menge fremder Beimengungen in innigster Mischung, dass durch keinen mechanischen Process elektrischer oder sonstiger Aufbereitung das reducirte Eisen genügend getrennt werden könnte. Freilich würden diese erdigen Beimengungen mehr oder weniger vollständig bei dem nachfolgenden Process der Schweissung und Zusammenpressung des Metallschwammes im Holzkohlenheerde oder im Flammofen entfernt werden, aber nur auf Kosten eines bedeutenden Eisenverlustes durch die Bildung von kieselsaurem

[1]) Ibid. p. 9.

Eisenoxydul, welches sich in grosser Menge erzeugen würde; und insofern hätte man keinen Vortheil gegen die catalonische Rennarbeit. Es mag sich das reducirte Eisen, wie es in Spanien geschehen sein soll, gemischt mit Roheisen verpuddeln lassen und zwar unter Erzielung einer wahrscheinlich besseren Eisenqualität als bei alleiniger Anwendung des letzteren, denn Eisen, welches im schmiedbaren Zustande bei verhältnissmässig niedriger Temperatur aus einem Erze gewonnen ist, wird nicht so von Phosphor verunreinigt sein, als ein Eisen, welches aus einem durch Verschmelzen desselben Erzes erzeugten Roheisen dargestellt worden ist, wie dies bereits früher bei den älteren Rennarbeiten auseinandergesetzt worden war.

Die Eigenschaften eines für den Chenot'schen Process geeigneten Erzes sind offenbar folgende:

1) Reinheit. Die Gegenwart der Kieselsäure würde nothwendiger Weise grossen Verlust bei der Verarbeitung der Schwämme zu Luppen herbeiführen; Magnesia kann ohne Schwierigkeit und erhöhten Brennmaterialaufwand bei derselben Operation überhaupt nicht entfernt werden. Kalk und Mangan sollen am wenigsten Nachtheil haben, wohl weil beide leichter schmelzbare Schlacken als Magnesia bilden, ohne doch Eisen zu verschlacken wie Kieselsäure.

2) Porosität. Das Erz muss locker sein, um das Eindringen des Kohlenoxydgases, des wichtigsten Reductionsmittels zu befördern. Kein Erz ist deshalb geeigneter als Brauneisenstein, welcher in Folge des Wasserverlustes in der Hitze in jedem Theil seiner Masse porös wird. Dichter und compacter Magnet- und Rotheisenstein werden sich weit schwieriger reduciren.

3) Feuerbeständigkeit. Das Erz darf nicht schmelzen bei der Temperatur, bei welcher die Reduction stattfindet. Aus diesem Grunde ist Magneteisenerz schwierig zu verwerthen.

Von grossem Einfluss ist die Grösse der Erzstücke. Ein grosser Klumpen wird in Folge der sich dem eindringenden Kohlenoxyd darbietenden kleineren Oberfläche längere Zeit zur Reduction erfordern, als dieselbe Masse im zerkleinerten Zustande. Andererseits ist dieser letzte, der Reduction günstigere Zustand unvortheilhaft mit Rücksicht auf den Verlust beim Luppenmachen, denn hier bewirkt die grössere Oberfläche auch stärkere Oxydation. So hat man beim Luppenschweissen aus Eisenschwämmen von Bohnengrösse im Holzkohlenfeuer einen 28 Proc. grösseren Abgang als unter sonst gleichen Verhältnissen aus Eisenschwämmen von Wallnussgrösse gefunden.

Sehr richtig macht Sandberg auf den wichtigen Punkt aufmerksam, dass zu dem Processe nur die festen Stücke Erz gebraucht werden können, und dass, da die Roth- und Brauneisensteine meist 15 bis 20 Proc. (an anderen Orten, z. B. in Schlesien, noch viel mehr) mulmiges oder pulverförmiges Erz enthalten, dieses letztere abgesiebt werden muss und nicht gebraucht werden kann, ohne durch Zusammenpressung in

feste Stücke umgeformt zu sein. Eine für diesen Zweck passende Maschine, welche etwa 330 Thlr. kostet, war zu Hautmont bei Sandberg's Besuch in Thätigkeit, während auf den übrigen Hütten das Erzklein unbenutzt blieb.

Es kann hier nicht unbemerkt bleiben, dass die Möglichkeit, mulmiges Erz durch Druck in feste Klumpen umzuformen, auch nur da gegeben ist, wo dasselbe wenig hygroskopisches Wasser enthält, da dieses die Compression verhindert. Dies gilt z. B. von den meisten mulmigen Brauneisenerzen.

Sandberg konnte trotz dieser Vorsichtsmaassregeln nirgends eine gleichförmige und vollständige Reduction des Erzes beobachten; und letztere schien mehr von der Verschiedenheit in der Porosität der Structur als in der Grösse der Stücke abhängig zu sein. Auch scheint niemals die vollständige Reduction des Erzes in einer Operation vollendet worden zu sein, sondern es war stets nothwendig, die unvollständig reducirten Theile auszuklauben und sie zum zweiten Male durch die Reductionskammer gehen zu lassen. Es hat zwar die Erfahrung gelehrt, dass alles Erz vollständig reducirt werden kann durch verlängerte Einwirkung von Kohlenoxydgas, aber dann wächst der Brennmaterialverbrauch dermaassen im Vergleich zu dem mehr reducirten Erze, dass es ökonomischer erschien, das geringere Uebel der unvollständigen und nochmals wiederholten Reduction zu wählen.

4. Yates' Methode.

Der von Yates vorgeschlagene und in einer Broschüre [1]) beschriebene Process ist im Principe identisch mit den bisher auseinandergesetzten neueren Rennarbeiten. Die Reduction des Erzes wird durch Erhitzung einer Mischung desselben mit kohligen Substanzen bewirkt. Der Apparat erscheint als eine Modification des Chenot'schen. Der Unterschied ist nur der: Während Chenot die Reductionskammer durch Oefen gewöhnlicher Art mit Rost erhitzt, so wendet Yates ausschliesslich Gasöfen an, in deren Generatoren er Kohlenoxydgas producirt; während Chenot's Reductionskammer rechteckig ist und aus feuerfesten Steinen besteht, so ist Yates' aus drei vertical übereinander angeordneten, durch Röhrenstücke verbundenen ovalen Retorten, welche aus feuerfestem Thon bestehen, zusammengesetzt.

Yates selbst beschreibt den Apparat folgendermaassen:

Der Reductions- und Cementationsofen für das Eisen besteht aus zwei aufrechten Schächten oder Reductionskammern von feuerfestem Thon, mit 30 bis 35 Fuss Höhe, und einem Fassungsraume für 600 bis 800 Ctr. Erz, welches mit der Geschwindigkeit von 1 bis $1^1/_2$ Fuss pro

[1]) Iron and Steel: on some Points of Economy in their Manufacture. By Frederick Yates. 1860. p 23. Vacher and Sons, 29, Parliament Street, London.

Stunde, je nach seiner Beschaffenheit oder der des verlangten Productes, vorrückt. Diese Schächte werden äusserlich durch das Gas erhitzt, welches in den an den langen Seiten jeder ovalen Kammer gelegenen Generatoren erzeugt wird. Die Flamme der glühenden Gase tritt etwa 10 Fuss über dem Boden in die Schächte ein. Der unter dieser Eintrittsöffnung gelegene Theil des Schachtes wird als Kühlraum für die reducirten Erze benutzt, welche darin eine Zeit lang verweilen müssen, ehe sie gezogen werden, weil sonst das metallische Eisen Sauerstoff aufnehmen und wenigstens theilweise wieder oxydirt werden würde.

Die Schächte sind am oberen Ende mit luftdicht schliessenden, doppelten Schiebern und am Boden mit eben solchen Thüren versehen, so dass weder beim Füllen noch beim Entleeren Luft eintreten kann. Zwischen beiden Schächten befinden sich Röhren zur Erwärmung der Luft, welche zur Verbrennung der Gase dient. Das Gas selbst wird dagegen mit kalter Luft erzeugt. Eine 12pferdige Gebläsedampfmaschine schafft den Wind, dessen Pressung von $^1/_2$ bis $1^1/_2$ Pfund schwankt.

Die Erze gelangen in den Ofen in Stücken, deren Grösse zwischen der eines kleinen Hühnereies und einer grossen Nuss wechselt. Die Kohle wird dagegen etwas kleiner benutzt, damit sie die Zwischenräume zwischen dem Erze ausfüllt. Erz und Kohle muss innig gemischt werden. Die Menge der festen Kohle richtet sich nach der Beschaffenheit der Erze. Der Kohlenstoff muss die zur Verbindung mit dem Sauerstoff des Eisens nöthige Menge um etwas übersteigen. Um, wie der Erfinder meint, den Vorgängen im Hohofen recht analog zu verfahren und Cyanverbindungen, die er zur Erzeugung von Stahl und wahrscheinlich auch Eisen als unentbehrlich hält, zu haben, führt er auch einen kleinen Strom der Generatorgase in den Schacht durch einen Canal, der sich von dem Hauptrohre vor dem Verbrennungspunkte derselben abzweigt. Auf diese Weise soll durch den Apparat der mittlere Theil des Hohofens (etwa 20 Fuss eines Kokshohofens) vertreten sein.

Der zweite Apparat, welcher dazu dient, die reducirten, also metallisches Eisen enthaltenden Erze zu schmelzen, besteht in einem grossen Doppelpuddelofen, dessen Feuerung durch zwei Gasgeneratoren bewirkt wird, und der eine besondere Stichöffnung für die erzeugte Schlacke besitzt. Es werden die reducirten Erze mit den passenden Zuschlägen eingesetzt. Diese letzteren sollen so beschaffen sein, dass sie möglichst nahe ein kieselsaures Eisenoxydul bilden. Man kann z. B. gebrannten Kalk oder halb geröstetes reines Eisenerz anwenden. Dieser Ausdruck des Erfinders scheint wohl so ausgelegt werden zu müssen, dass man eine an kieselsaurem Eisenoxydul reiche Schlacke zu erzielen habe.

Das reducirtes oder metallisches Eisen enthaltende Erz soll also mit den passenden Zuschlägen in den Puddelofen geworfen und allmälig unter stetigem Umrühren bei einer neutralen, d. h. keinen freien Sauerstoff enthaltenden Flamme bis zum Schweisspunkt erhitzt werden. In etwa 30 Minuten ist Alles geschmolzen und die Schlacke sehr flüssig. Letztere

wird abgestochen bis auf eine Menge, genügend, um das auf dem Boden befindliche Eisen noch zu bedecken, welches nun zusammengebracht, auf übliche Weise zu Luppen geformt, gezängt und in Rohstäbe ausgewalzt werden kann. Jeder dieser Flammöfen erfordert ein Gebläse von drei Pferdekraft. Die Verbrennungsluft wird durch die abgehende Flamme des Ofens erhitzt. Aber es ist auch noch genug überschüssige Hitze vorhanden, um mehr als den für die drei Pferdekräfte nöthigen Dampf zu erzeugen. Vier einzelne oder zwei doppelte Puddelöfen genügen zur Verarbeitung alles in einem Reductionsofen erzeugten Eisens, während die für alle diese Apparate nöthigen Dämpfe von 25 Pferdekraft durch die abgehende Hitze erzeugt werden und ebenso der Wind auf den erforderlichen Grad erhitzt wird. Die Oefen und das Gebläse für eine Wochenproduction von 2000 bis 2400 Centner Schmiedeisen würden etwa 13000 Thlr. kosten. Es sollen, da das reducirte Eisen natürlich nicht der Entkohlung bedarf, sondern nur der Schweissung, im Puddelofen $^1/_3$ der sonst nöthigen Zeit und wenigstens 50 Proc. Brennmaterial im Vergleich mit dem jetzt üblichen Process der Rohstaberzeugung erspart werden.

Yates ist nach seinen Aussprüchen offenbar der Ueberzeugung, nicht nur etwas Vorzügliches, sondern auch etwas ganz Neues und Eigenthümliches vorgeschlagen zu haben, befindet sich dabei indessen, wie man aus dem bereits Mitgetheilten und noch Mitzutheilenden ersieht, in einem grossen Irrthum, ein Schicksal, welches er mit den meisten Erfindern, besonders solchen theilt, welche sich das Erfinden zur Lebensaufgabe gemacht haben.

Die Kostenberechnung spricht nach Yates' Aufstellung natürlich sehr zu Gunsten seines Processes: Angenommen, dass $1^1/_2$ Ctr. Koks zur Darstellung von 1 Ctr. Roheisen nöthig sind, dass die angewendete Fettkohle $81^1/_2$ Proc. Kohlenstoff, $3^1/_2$ Proc. Wasserstoff, 9 Proc. Wasser und Stickstoff und 6 Proc. Asche enthält, und dass sie 72 Proc. Koks giebt — so sollen auf 1 Ctr. Handelseisen zu 2 Thlr. 20 Sgr. erspart werden 19 Sgr. $3^3/_4$ Pf. Im Einzelnen:

Auf 20 Ctr. beim Reductionsprocess	5	Thlr.	20	Sgr.	—	Pf.	oder $60^3/_4$ Proc. Ersparniss
„ Puddelprocess .	2	„	26	„	3	„	$57^1/_2$ „ „
„ Schweissprocess	1	„	—	„	—	„	46 „ „
	9	Thlr.	16	Sgr.	3	Pf.	
33 Proc. Abgang veranschlagt zu 22 Proc. für Puddeln u. Schweissen oder 141,4 Pfund Eisen zu 1 Thlr. 20 Sgr. pro Centner	2	„	10	„	—	„	
25 Proc. an Zeit, 6 Sgr. pro Centner für Puddeln und Schweissen . .	1	„	—	„	—	„	
	12	Thlr.	26	Sgr.	3	Pf.	

oder pro Centner 19 Sgr. $3^3/_4$ Pf.

Es versteht sich, dass man auf solche Selbstkostenberechnungen, selbst wenn der Erfinder sie im guten Glauben aufgestellt hat, nichts geben darf. Yates sagt: Es ist klar, dass die gegenwärtig übliche Art der Verarbeitung der Erze, gleichgültig ob sie reich oder arm sind, weder rationell noch ökonomisch ist. Warum verwandelt man das schon erzeugte schmiedbare Eisen erst in Roheisen, um es dann wieder in Schmiedeisen bei grossem Aufwand an Arbeit und Kosten zurückzuführen? Warum stellt man, wenn die Erze ursprünglich rein genug waren, erst graues Roheisen dar, während man weichen oder geringeren Stahl ebenso leicht darstellen kann? „Diese Fragen", fügt Percy hinzu, „liegen ausserordentlich nahe. Sie sind oft wiederholt und niemals hinreichend beantwortet worden, aber da seit der Veröffentlichung von Yates' Erfindung Jahre verflossen sind, ohne dass Jemand sich ihrer bemächtigt hat, so muss man fürchten, dass auch dieser Erfinder nicht mehr Glück als seine Vorgänger auf demselben Felde gehabt habe."

Vielleicht dienen die am Schlusse dieses Capitels angestellten Betrachtungen des Bearbeiters zur Beantwortung dieser Fragen.

5. Gurlt's Methode [1]).

Im Jahre 1857 gab Dr. Adolph Gurlt eine Schrift heraus: Die Roheisenerzeugung mit Gas oder die Verhüttung der Eisenerze mit indirecter Benutzung des Brennmaterials [2]).

Wenn nun zwar der Hauptzweck von den hierin gegebenen Vorschlägen dahin geht, unter Anwendung von Generatorgasen hoch gekohltes Eisen, also Roheisen zu erzeugen, so soll doch auch der Erzeugung einer jeden Sorte Eisen zwischen dem weichsten Stabeisen und dem sprödesten Spiegeleisen unmittelbar aus dem Erze [3]) die Bahn gebrochen und in der Praxis wirklich der Process auch in zwei Operationen getrennt werden, deren erste die Reduction und Cementation des Eisens bis zu dem in jedem einzelnen Falle gewünschten Grade, dagegen die zweite die Schmelzung oder Schweissung der erzielten Producte, verbunden mit gleichzeitiger Verschlackung der in den Erzen enthaltenen Erdarten zu leisten hat, und insofern gehört die Beschreibung dieses Processes vollständig hierher.

Gurlt ging bei seiner Erfindung von folgenden Grundsätzen aus:

„Die Ursache für die noch so grosse Unvollkommenheit des Hohofenprocesses liegt hauptsächlich darin, dass das im Hohofen reducirte Eisen sich mit einer gewissen Menge Kohlenstoff sättigen muss, um eine leichter schmelzbare Verbindung zu bilden, ohne welche ein fortdauernder Hohofenbetrieb unmöglich sein würde. Um nun diese leichter schmelzbare Kohleneisenverbindung, das Roheisen, zu bilden, muss das Eisen

---

[1]) Im Original nicht enthalten. — [2]) Freiberg, mit 1 lithogr. Tafel. — [3]) Loc. cit. S. 17.

bei einer gewissen Temperatur eine gewisse Zeit im Ofenschachte verweilen, während welcher ein sehr grosser Theil des zu seiner späteren Schmelzung im Gestelle bestimmten Brennstoffes durch den Einfluss der die Gichtsäule durchstreichenden glühenden Kohlensäure, die sich im Gestell bildet und, indem sie die glühenden Kohlenschichten durchbricht, zu Kohlenoxydgas reducirt, mit fortgenommen wird. Versucht man es auch, durch eine leichter schmelzbare Beschickung und geringere Menge an aufgegebenem Brennmaterial an diesem zu sparen, so stellt sich sofort Rohgang ein und das Gestell füllt sich rasch mit Klötzen von unschmelzbarem, stahlartigem Frischeisen, welches, wenn es nicht schleunigst entfernt werden kann, den Stillstand des ganzen Ofenbetriebs bewirkt. Könnte man im Gestell eine solche Hitze erzeugen, um ein aus übersetztem oder rohem Gange und reinen Eisenerzen hervorgehendes, zwar sehr reines, aber stahlartiges und kohlenstoffarmes Roheisen zu schmelzen und längere Zeit im flüssigen Zustande zu erhalten, so würde das eine sehr vortheilhafte Weise sein, sofort aus dem Erze guten Rohstahl zu erzeugen, ohne dass ein späteres Frischen des Roheisens nothwendig wäre. In diesem Falle würde das zwar völlig reducirte, aber wenig gekohlte Eisen als eine Art Stahl vor die Formen gelangen und daselbst geschmolzen werden, wenn die dort herrschende Temperatur dazu ausreicht. Da dieses aber nicht der Fall ist und das Frischeisen sich vielmehr sehr bald im Gestelle fest auflegt, so ist bei der jetzigen Hohofenconstruction eine Brennmaterialersparniss, verbunden mit gleichzeitiger Darstellung eines stahlartigen Roheisens, nicht anders zu ermöglichen, als dass man wieder zu der alten Betriebsmethode zurückgeht, welche früher bei den sogenannten Wolfsöfen oder Stücköfen üblich war, aus deren Gestelle von Zeit zu Zeit die gebildeten Wölfe oder Stücke eines stahlartigen Roheisens ausgebrochen wurden.

„Dagegen darf man annehmen, dass in einem jeden Hohofen vielmehr die in ihm befindlichen Gase die Reduction der Eisenerze bewirken, als der in dem Brennmaterial aufgegebene feste Kohlenstoff, indem der letztere, da er bei den Temperaturen des Hohofens weder flüchtig noch schmelzbar ist, nur durch directe Berührung auf das Eisenerz wirken könnte und gerade die Berührung der Kohle mit dem Eisenoxyde bei dem gichtenweisen Besetzen der Hohöfen nothwendig eine sehr unvollkommene sein muss. Da man ferner das Wasserstoffgas als ein sehr kräftiges Reductionsmittel der Eisenoxyde kennt und die Producte der in Gasgeneratoren einer unvollkommenen Verbrennung unterworfenen rohen Brennmaterialien aus einem Gemenge von Wasserstoff, Kohlenwasserstoff und Kohlenoxyd bestehen, denen eine gewisse Menge Stickstoff beigemengt ist, welche sich darin in demselben Verhältniss zu dem gebundenen Sauerstoff befindet, wie in der Luft, so muss man *a priori* zugeben, dass ein solches Gasgemenge, unter günstigen Umständen auf Eisenerze angewendet, nicht nur eine sehr vollständige, sondern auch sehr energische Reduction derselben zu regulinischem Eisen bewirken

müsse, dass also durch Anwendung gasförmiger Brennmaterialien die erste Bedingung zur Roheisenerzeugung, d. h. die Reduction unzweifelhaft erfüllt werden kann."

Die Vortheile einer solchen Anwendung von Gasen sieht nun Gurlt namentlich in folgenden vier Punkten:

1) Man kann jedes Brennmaterial anwenden, da man daraus Kohlenoxyd (wenn es verkohlt) und Kohlenoxyd, Wasserstoff und Kohlenwasserstoff (wenn es roh benutzt wird) erzeugen kann.

2) Man spart gegenüber dem heutigen Hohofenbetriebe wahrscheinlich 50 Proc. Brennstoff, da sich die durch die Reduction gebildete Kohlensäure nicht wieder zu Kohlenoxydgas reduciren kann.

3) Die im Brennmaterial enthaltenen nachtheiligen Substanzen, wie Schwefel, Phosphor, Arsenik, bleiben, weil Erz und Brennmaterial getrennt gehalten werden, unschädlich für die Qualität des Roheisens.

4) Man kann unmittelbar aus den Erzen nach Belieben jede Art von Roheisen, Stahl oder Stabeisen darstellen, da man nach erfolgter Reduction die Kohlung durch die kohlenstoffabgebenden Gase in der Hand hat.

Da nun, nach Gurlt, die Reduction und Cementation der Eisenerze einen reducirenden Gasstrom verlangt, welcher nur eine wenig hohe Temperatur zu entwickeln braucht, hingegen die Schmelzung, resp. Schweissung der hierdurch erzeugten Producte einen möglichst hohen Hitzegrad und einen neutralen Gasstrom, d. h. einen solchen, der weder oxydirend noch reducirend wirkt, voraussetzt, so werden die beiden Operationen getrennt.

Die Figuren 43 und 44 zeigen den von Gurlt construirten Reductionsofen, Fig. 45 und 46 den Schmelzofen (vergl. S. 599 bis 601).

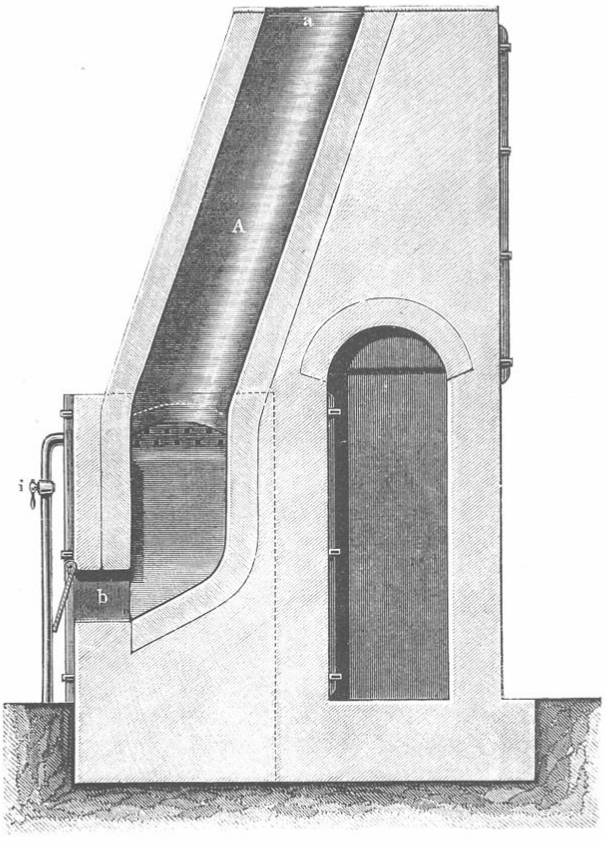
In den Figuren 43 und 44 stellt *A* den Reductionsraum dar, welcher von *a* aus mit Eisenerzen besetzt wird, die von Gangart so viel wie möglich befreit, wenn nöthig zuvor geröstet sind und eine möglichst gleichförmige, übrigens Faust- bis Nuss-Grösse besitzen. Die kleineren Stücke kommen an die Rückwand; bei *b* werden die reducirten Erze aus dem Ofen gezogen. *B* sind die Gasgeneratoren, welche bei *f* mit Brennmaterial beschickt werden und bei *c* ihren Gaserzeugungswind erhalten. Die Oeffnungen *e* dienen zum Reinigen von Asche, die Canäle *g* führen die mit dem bei *h* einströmenden Verbrennungswind gemischten Gase in den Ofen. Der Zutritt der Luft ist durch Hähne zu reguliren und da hiervon die Menge der erzeugten Gase abhängig ist, kann man innerhalb gewisser Grenzen die Zeit reguliren, in welcher die Reduction der Eisenerze und ihre Kohlung bis zum verlangten Grade erreicht sein soll.

In dem unterhalb der Canäle *g* gelegenen Theile des Ofenschachtes sollen sich die Erze abkühlen, um sich nicht wieder beim Austritt an die Luft zu oxydiren.

Der in den Fig. 45 und 46 dargestellte Schmelz- oder Schweissofen hat zwei Gasgeneratoren *B*. Durch *C* entweicht die auf dem Heerde *A*

benutzte Flamme. Der Gaserzeugungswind wird bei *e*, der Verbrennungswind bei *g* eingeführt und durch *c* kann gleichfalls Wind zugelassen werden, wenn ein Raffiniren des Products erforderlich ist.

Fig. 43.



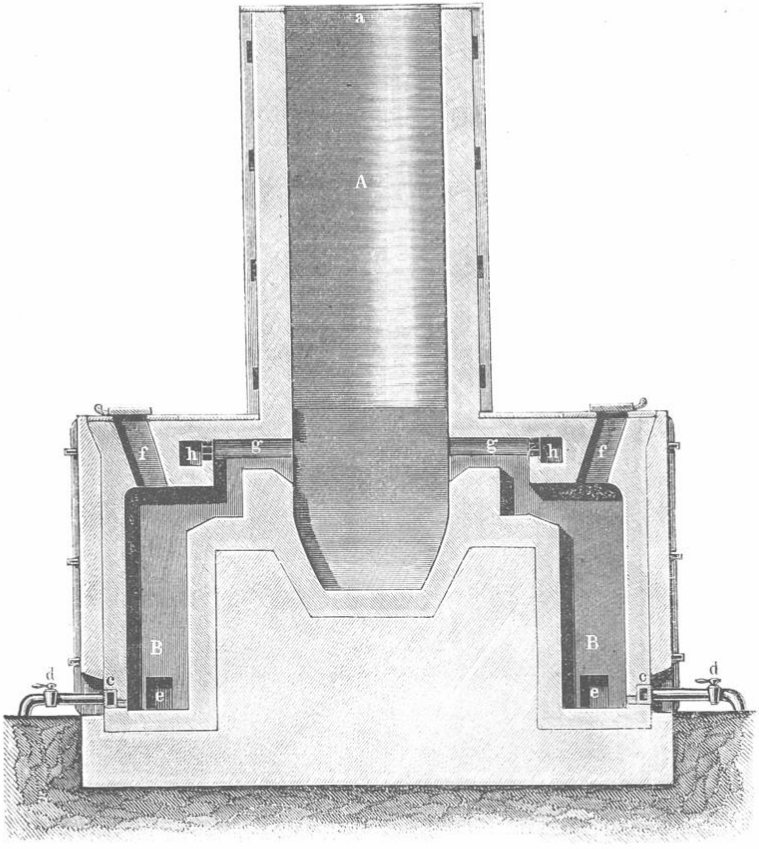
Die Projecte Gurlt's sind wirklich zur Ausführung gekommen. Ein Versuch in der Nähe von Bonn scheiterte allerdings gänzlich, dagegen stehen in Spanien noch jetzt derartige Apparate in Betrieb.

Zuerst wurde nämlich 1857 von Gurlt selbst auf der Rheinbacher Hütte, etwa 2 Meilen von Bonn, eine Anlage gebaut [1]), welche einen 36 Fuss hohen Reductionsofen und einen Gasflammofen mit einem Cylindergebläse, welches anfänglich mit Wasserrad, wegen anhaltenden Wassermangels bald aber mit einer 12pferdigen Dampfmaschine als Motor versehen war, enthielt. Zu beiden Seiten des Reductionsofens stand je ein Generator

[1]) Berggeist, 1859. Nr. 56 und 57.

und ein dritter versorgte den Flammofen mit Gasen, welche aus Holz und Braunkohle hergestellt wurden. Der Reductionsofen hatte einen Kern-

Fig. 44.



schacht aus feuerfesten Ziegeln mit elliptischem Querschnitt. Die zu den Versuchen benutzten Erze waren dichter Rotheisenstein und sandiger und thoniger Brauneisenstein. Man begann mit der Verhüttung des Rotheisensteins, welcher zur Auflockerung mit eisenschüssigem Kalkstein gattirt wurde. Der mit dem reducirten Erze gemengte gebrannte Kalk sollte zugleich als Flussmittel bei dem nachfolgenden Schweissen benutzt werden. Die Reduction wollte aber, wohl zum Theil wegen der Dichtigkeit des Erzes, nicht gelingen, oft trat Sinterung und Schmelzung und Bildung von Ofensäuen ein, welche lange dauernde Betriebsstörungen verursachten. Als endlich eine Reduction hinlänglich gelungen schien, schritt man zur Schweissung und Abscheidung der Beimengungen als Schlacke im Gasflammofen. Die reducirten Erze kamen nach der Abkühlung bis auf

dunkele Rothgluth in Stücken von der Grösse eines Eies bis zu zwei Fäusten in den Flammofen. Sie wurden nach zweistündiger Heizung ganz dünn-

Fig. 45.

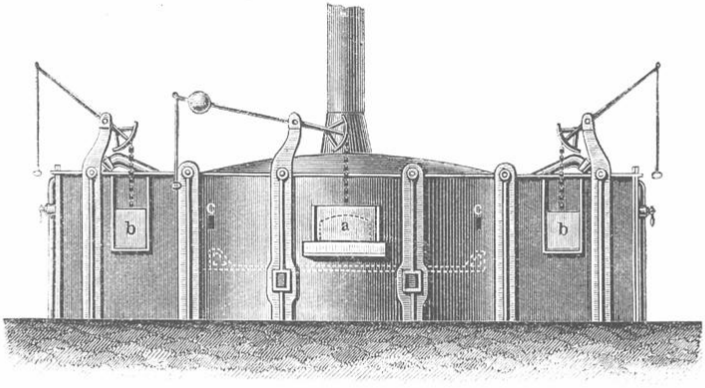
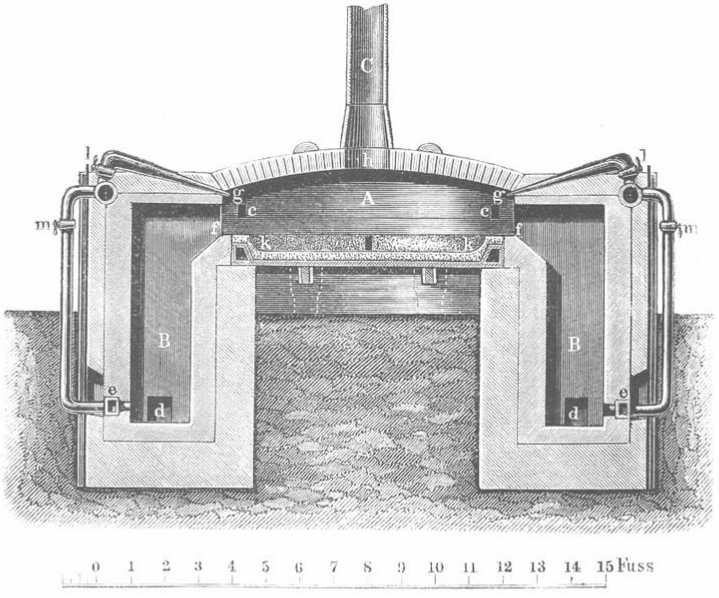


Fig. 46.



flüssig. Man stach die Schlacken ab und liess das Eisen [1]), wie man hoffte, auf dem Heerde zurück, und verfuhr mit einer zweiten Charge ebenso, nur stach man nun die ganze Masse ab, erhielt aber nichts als

[1]) Man glaubte Roheisen zu erhalten.

eine schwärzlich graue, theils steinig dichte, theils krystallinische Schlacke vom Aussehen der Frischschlacke, ohne auch nur ein metallisches Korn oder Blättchen. Derselbe ungünstige Erfolg zeigte sich bei allen ferneren Versuchen mit den vorhandenen reducirten Erzen.

Die zweite Reihe von Versuchen umfasste nun die Reduction der genannten ärmeren Brauneisenerze, welche sich dem Anschein nach weit leichter reducirten, aber das Product des Flammofens war wieder eine eisenhaltige, schwarzgraue, fast ganz und gar krystallinische Schlacke, ohne mechanisch beigemengte Eisentheile.

Das Zubruchegehen der Gasgeneratoren und Mangel an Geldmitteln der betreffenden Gesellschaft setzten allen weiteren Versuchen für immer ein Ziel.

Die Gründe für das Fehlschlagen dieser Versuche liegen offenbar darin, dass das Eisen sich vollständig verschlackte; das kann aber wieder zwei Ursachen gehabt haben, die wahrscheinlich zusammenwirkten, erstens nämlich eine unvollständige Reduction des Eisenoxyds, welches wohl nur zum Theil in metallisches Eisen übergegangen sein, zum Theil sich aber noch im Zustande des Oxydoxyduls befunden haben wird, zweitens eine abermalige Oxydation des reducirten Eisens entweder sofort beim Herausziehen aus dem Reductionsofen, oder nachher im Schmelzofen.

So ungünstig auch diese Versuche, welche Gurlt mit der festen Ueberzeugung des Gelingens und unter der allgemeinen Theilnahme der hüttenmännischen Welt begonnen zu haben scheint, abgelaufen waren, so ging man doch anderwärts, wo die Verhältnisse günstiger waren, darauf zurück. In Spanien führte ihn Justino Delpon zu Bolueta ein [1]). Hier wird Brauneisenstein von San Juan de Sommorostro bei Bilbao verarbeitet, welcher etwa 65 Proc. Eisen und 7 Proc. Wasser enthält. Das Erz ist so leichtflüssig und enthält so wenig schlackengebende Bestandtheile, dass es sich allein im Hohofen gar nicht verschmelzen lässt.

Die Apparate sind mit ganz unwesentlichen Abweichungen wie die von Gurlt ursprünglich angegebenen (Fig. 43 und 44) construirt. Das Gas wird aus Eichen- und Buchenkohlen erzeugt. Bei starker Rothgluth findet die Reduction zu Eisenschwamm (*Esponja*) statt, welcher die Form der Erzstücke hat und nur porös gegen jene ist. Derselbe wird von Zeit zu Zeit in untergestellte kleine Eisenwagen gezogen und sogleich mit Kohlenlösche bedeckt, um bis zu seiner Abkühlung nicht mit der Luft in Berührung zu kommen.

Es werden täglich in einem Reductionsofen drei Chargen von zusammen 3600 Kilogrm. oder 72 Ctr. Eisenerz mit 936 Kilogrm. oder 18,72 Ctr. Holzkohle verarbeitet und daraus 2340 Kilogrm. oder 26,80 Ctr. Eisenschwamm erhalten. Der abgekühlte Schwamm wird alsdann in Chargen von 85 Kilogrm. oder 1,70 Ctr. im catalonischen Feuer ausgeschweisst und dabei 46 Kilogrm., d. h. 92 Pfd. weiches Eisen beim

[1]) Berggeist, 1863. S. 256.

Verbrauch einer gleichen Menge Holzkohlen ausgebracht. Es werden also in beiden Operationen auf 100 Pfd. fertigen Stabeisens 285 Pfd. rohes Erz und 174 Pfd. Holzkohlen verbraucht.

Gurlt knüpft hieran die Bemerkung [1]), dass da auf dieselbe Menge fertigen Eisens beim gewöhnlichen Hohofen- und Frischprocess zwar nur 213 Pfd. Erz, aber 295 Pfd. Holzkohlen erforderlich sein würden, sein Process sich da empfehle, wo bei gutem Erze das Brennmaterial ein kostspieliges, also z. B. Steinkohle nicht zu erlangen sei.

Auch zu diesem Processe bedarf man also sehr reiner und poröser Erze. Der Metallschwamm, welcher erzeugt wird und welcher durch hinreichendes Abkühlen vor der Oxydation geschützt werden muss, kann dann unter Holzkohlen ausgeschweisst werden. Es ist aber zu fürchten, dass in dem von Gurlt vorgeschlagenen Flammofen dies niemals gelingen wird, weil die zutretende Luft das fein vertheilte und erhitzte Eisen zu schnell oxydiren wird, selbst wenn man mit möglichst reducirender Flamme arbeitet.

6. Roger's Methode [2]).

In einem Berichte, welchen der „Scientific American" im Jahre 1862 giebt, ist in Newark in den Vereinigten Staaten (N. J.) auf den Hüttenwerken von Isaak Rogers folgender Process eingeführt:

In einem Cylinder — es existiren deren dort zwei von 16 beziehungsweise 20 Fuss Länge — mit einem Durchmesser von 6 Fuss, welcher horizontal über einem puddelofenähnlichen Flammofen aufgehangen ist, um eine hohle Axe rotirt und von Mauerwerk derartig umgeben ist, dass er von aussen durch die abgehenden Gase des darunter liegenden Ofens erhitzt werden kann, bewegen sich, vorwärts getrieben durch eine Schraube, die zu reducirenden Erze, welche mit 25 Proc. Steinkohle gemengt sind. Es werden Magneteisenerze sehr reiner Beschaffenheit verwerthet. Bei jeder Umdrehung des Cylinders werden Chargen von je 25 Pfd. achtmal in den vorderen Theil des Cylinders aufgegeben. Dieselben brauchen 5 bis 8 Stunden, um bei schwacher Rothgluth zu dem anderen Ende des Cylinders zu gelangen, wo dann das reducirte Erz bei jedem Umgange einmal ausgetragen wird und direct in den Puddelofen fällt. Jeder solcher Austrag umfasst so viel Erz, dass davon 110 bis 130 Pfd. schwere Luppen geschweisst werden. Alle $22^1/_2$ Minuten gelangen 200 Pfd. in den Ofen; in derselben Zeit ist die vorhergehende Charge geschweisst und die Unreinigkeiten des Erzes sind zu Schlacke vereinigt geschmolzen.

Hiernach dauert also jede Umdrehung des Cylinders $22^1/_2$ Minuten und in dieser Zeit werden aus $8 \times 25 = 200$ Pfd. Erz 110 bis 130 Pfd.

---

[1]) Zeitschrift des Vereins deutscher Ingenieure. 1865. S. 174. — [2]) Nicht im Original enthalten.

schwere Luppen erlangt, d. h. man kann also bei ununterbrochener Arbeit in 24 Stunden 64 Chargen oder gegen 80 Ctr. produciren. Ueber die weitere Verbreitung dieses Processes ist nichts bekannt geworden.

7. Andere Methoden [1]).

Hiermit sind zwar die wichtigsten der vorgeschlagenen Methoden, aber bei Weitem noch nicht alle erschöpft. Es wiederholen sich dieselben Ideen mit geringen Abänderungen der Apparate bis in die neueste Zeit hinein. Namentlich in Nord-Amerika ist die Verbindung einer geschlossenen Reductionsretorte mit einem Flammofen zum Schweissen und Schmelzen, durch dessen abgehende Flamme erstere erhitzt wird, oft versucht worden.

1841 erlangte Quillard ein Patent, nach welchem der Reductionsraum ein einfacher verticaler Schacht sein sollte;

1847 Dickerson in New-Jersey, welcher eine röhrenförmige, aussen und innen erhitzte Kammer benutzte.

1851 schloss sich hieran die ausführlich beschriebene Renton'sche Methode.

1853 erhielt Whipple zu Newark in New-Jersey ein Patent, nach dessen sehr unklarem Inhalte zwar auch aus Erz in einer Manipulation Schmiedeisen hergestellt werden sollte, offenbar aber unter Vermittelung einer Roheisenerzeugung. Zur Reduction und Kohlung dient eine erhitzte Platte, zur Abscheidung des Kohlenstoffs und zum Ausschmelzen der Gangarten ein von vielen Windströmen getroffener Heerd [2]).

Auch die Benutzung des gewöhnlichen Hohofens wurde vorgeschlagen. J. H. Johnson zu London und Adrien Müller zu Paris nahmen 1863 ein Patent darauf, Eisenoxyd in fein gepulvertem Zustande in den Hohofen zu blasen und dadurch eine Entkohlung des gebildeten Roheisens zu bewirken, was nichts weiter als die alte Methode des Fütterns ist [3]), welches im folgenden Abschnitte näher beschrieben wird.

Chenot der Jüngere zu Clichy-la-Garenne ist neuerdings [4]) wieder auf den alten Stückofen zurückgegangen, dem er nur ein bewegliches auf Rädern stehendes Gestell giebt, um die Luppen so entfernen zu können. Ueber den Erfolg ist noch nichts bekannt geworden, aber alle Gründe, welche gegen den Stückofenbetrieb sprachen, müssen auch hier ihre Geltung haben.

Andere, welche offenbar nur an eine Ausführung im Kleinen denken konnten, schlugen Tiegel vor.

---

[1]) Ein Theil der folgenden Processe ist im Original unter dem Abschnitt Stahl beschrieben, gehört der Sache nach aber hierher, da auch bei den bisher geschilderten Methoden bald Eisen, bald Stahl, bald beides erzeugt wird, die übrigen sind gar nicht erwähnt. — [2]) The American polytechnic Journal. Vol. II, July — December 1853. p. 161. — [3]) The practical mech. Journal. 1863. p. 238. — [4]) Génie industriel, Mars 1866. p. 117.

Schon 1791 wurde ein Patent an Samuel Lucas für die Darstellung von Gussstahl aus reichen Erzen, wie Rotheisenstein von Cumberland und Lancashire ertheilt. Diese Eisenerze sollten mit Holzkohle, Horn, Knochenmehl oder anderen cementirenden Substanzen (in der That ein weitreichender Begriff) gemischt werden. Die Operation ging in luftdicht verschlossenen Schmelztiegeln vor sich, in welche das Erz in kleinen Stücken und gemischt oder abwechselnd geschichtet mit der cementirenden Substanz gebracht wurde [1]).

David Mushet erhielt im Jahre 1800 ein Patent, worin der Schutz der Darstellung von Gussstahl durch Schmelzung von Eisenerz mit der angemessenen Menge kohliger Substanzen beansprucht wurde. Es wird sich später noch Gelegenheit finden, auf dieses Patent [2]) zurückzukommen.

1836 erhielt auf denselben Process John Isaac Hawkins ein Patent [3]). Geröstetes Erz soll hiernach in Stücke von 3 bis 4 Pfd. Gewicht zerkleinert werden und jeder dieser Klumpen in Holzkohlenpulver gepackt einer hohen Temperatur in Tiegeln beziehungsweise 80, 76 oder 72 Stunden ausgesetzt werden.

1855 erhielt Bellford ein Patent, nach dessen unklarem Inhalte er in einem Gefässe eine Reduction und Kohlung, in einem anderen eine Ausschmelzung und Entkohlung vorzunehmen beabsichtigt zu haben scheint [4]).

E. Riley machte auf der Dowlais-Eisenhütte vor einigen Jahren Versuche, Gussstahl direct aus Eisenerzen in Tiegeln darzustellen. Derselbe erhielt auch hin und wieder ausgezeichneten Stahl für Meissel u. s. w., wovon der Verfasser selbst Proben gesehen hat, aber gleichförmige Resultate konnten nicht erreicht werden.

Es schliesst sich hier der dem Franz Uchatius 1855 patentirte Process an, nach welchem Eisenerz mit Roheisen in Tiegeln verschmolzen und so Stahl erzeugt wird; da indessen das Wesentliche hierbei ebenso wie bei der Darstellung des schmiedbaren Gusseisens, die Entkohlung des Roheisens, also die vorgängige Erzeugung dieses Productes eine Nothwendigkeit ist, so werden diese beiden Processe besser unter den folgenden Capiteln abgehandelt werden.

Schliesslich hat man auch die für die Cementation des Stabeisens gebräuchlichen Cementiröfen (*converting furnaces*) für diese Processe vorgeschlagen.

Im Jahre 1854 erhielt Samuel Lucas ein Patent für „eine verbesserte Methode der Stahldarstellung", welche im Wesentlichen darin bestand, dass die Eisenstäbe in einem gewöhnlichen Cementirofen, wie er später beschrieben werden wird, mit Lagen von Eisenerz in der Grösse von Wallnüssen, oder anderem oxydirten Eisen, z. B. Hammerschlag, ge-

[1]) A. D. 1791, April 18, Nr. 1869. Abridgments of Specifications etc., ante cit. p. 14. — [2]) A. D. 1800, Nov. 13. Nr. 2447, Abridgments. — [3]) A. D. 1836, July 4. Nr. 7142. — [4]) Repertory of patent inventions, Vol. XXVI, July-December, 1855. p. 97.

schichtet und mit ungefähr gleichen Mengen von thierischer oder vegetabilischer Kohle, sowie mit Manganoxyd im allgemeinen Verhältniss von etwa $^1/_2$ Pfd. auf 1 Ctr. Erz, im Einzelnen aber nach dem Härtegrade, welchen der Stahl erhalten soll, erhitzt wurden. Die Eisenstäbe dürfen nicht das Erz berühren, da letzteres sonst an ersterem anhaften würde. Uebrigens sollte auch auf dieselbe Weise Eisenerz allein, d. h. ohne Gegenwart von Eisenstäben in Stahl umgewandelt werden [1]).

1856 erhielt William Edward Newton ein Patent für „Verbesserungen in der Darstellung von Stahl und der Carbonisirung von Eisen und Eisenerzen", wonach die Eisenerze gewalzt oder zermahlen, bis sie eine Grösse haben, dass 40 Stück auf den Zoll gehen, dann mit Holzkohle oder anderen kohligen Substanzen und wenn nöthig auch mit passenden Flussmitteln in abwechselnden Lagen geschichtet und in einem geeigneten Cementirgefässe [2]) 48 Stunden lang auf Weissgluth erhitzt werden sollen. Nach der Abkühlung wird das reducirte Erz zerbrochen oder gewalzt und in Tiegeln zu Gussstahl umgeschmolzen oder im Ofen zu Federstahl verarbeitet; wenn es dagegen zu sehr mit Kohlenstoff überladen ist, gepuddelt und wie gewöhnlich gehämmert [3]).

Schlussfolgerungen [4]). Vergleicht man die neueren Rennprocesse mit den älteren, so ergiebt sich für diejenigen, welche als Versuche wirklicher Verbesserungen angesehen werden müssen, als wesentlicher Unterschied, dass die Reduction des Eisenoxyds der Erze in einem geschlossenen Raum theils durch Einwirkung beigemengter Kohle, theils durch reducirende Gase bewirkt wird, und dass das reducirte Eisen erst nachher einem Schweissprocesse unterliegt. Hierdurch wollte man den Nachtheil des Rennheerdes und Stückofens vermeiden, welcher dadurch entstand, dass der Gebläsestrom auf das reducirte Eisen einwirkte, es daher wieder oxydiren und verschlacken konnte. Aber abgesehen von der mangelnden Einfachheit der Apparate, welche hierzu vorgeschlagen worden sind, haben alle einen diesem Vortheil entgegenstehenden Nachtheil. Das reducirte Eisen findet sich nach Vollendung der Operation im schwammartigen, d. h. porösen Zustande. Wird es nicht sehr bedeutend abgekühlt, ehe es an die atmosphärische Luft kommt, so verbrennt es [5]) oder oxydirt sich von Neuem. Man muss also die bei der Reduction von dem metallischen Eisen aufgenommene Wärme ungenutzt lassen; man muss ferner den Process unterbrechen, während man ihn im Stückofen ebenso wie im catalonischen Feuer unmittelbar fortsetzte.

---

[1]) A. D. 1854, August 7th., Nr. 1730, Abridgments, p. 176. — [2]) Dies kann allerdings ebenso einen Tiegel wie einen Cementirofen bedeuten. — [3]) A. D. 1856. April 8, Nr. 851. Abridgments, p. 222. — [4]) Des Bearbeiters. — [5]) Vergl. das S. 17 über das Verbrennen des metallischen Eisens Gesagte.

Was die Vollkommenheit der Reduction anbetrifft, so theilen die neueren mit den älteren Rennarbeiten das Schicksal, dieselbe nicht bestimmen zu können. Theilweise noch unreducirtes Eisen, reines, stahlartig gekohltes, ja roheisenähnliches Eisen sind die wechselnden Producte, deren Erzeugung von so vielen Umständen abhängig ist, dass die Beurtheilung und Leitung für einen praktischen Process zu schwierig ist, während directe Proben gerade wegen der geschlossenen Apparate unmöglich sind.

Die folgende Arbeit würde eine einfache Schweissarbeit sein, wenn erstens das Erz ganz rein gewesen wäre, d. h. ausser Eisenoxyd oder Oxydul, Kohlensäure und Wasser nichts enthalten hätte, und wenn zweitens das Product einerseits keinen Sauerstoff mehr, andererseits noch keinen Kohlenstoff enthielte. Beides findet aber nur in Ausnahmefällen statt. Denn auch die reinste Aufbereitung unreiner Erze, selbst wenn sie nicht zu kostspielig wäre, würde ein von Erdarten freies Product nicht liefern, und schon Verschiedenheit in der Grösse der aufgegebenen Stücke bedingt die Ungleichförmigkeit der Reduction beziehungsweise Kohlung. Die Bedingungen sind jetzt gegen den Betrieb der Stücköfen und Luppenfeuer nicht viel günstiger. Operirt man im Puddelofen, so wird zwar nicht der Einfluss des Gebläsestroms, wohl aber der Zutritt der natürlichen Zugluft zu fürchten sein und zwar namentlich in der ersten Periode der Wiedererhitzung des porösen und daher der Oxydation sehr zugänglichen Eisens, so dass man nicht ohne wohlberechtigten Grund in den wenigen Fällen, wo einer der geschilderten Processe, nämlich der Gurlt'sche, wirklich in die Praxis übergegangen ist, die Schweissarbeit im Holzkohlenheerde vornimmt.

Andererseits wird die Verschlackung des noch oxydirten sowie des wieder oxydirten Eisens durch die jetzt erst zum Schmelzen gebrachten Gangarten, namentlich die Kieselsäure, in keinem geringeren Verhältnisse stehen als bei den älteren Processen, und der Abgang an Metall daher auch kein erheblich geringerer sein.

Auch ohne die Principien der mittelbaren Methode der Schmiedeisen- und Stahldarstellung, deren Betrachtung der Gegenstand der folgenden Abschnitte sein wird, näher zu kennen, lässt sich doch schon jetzt beurtheilen, warum diese Methode nicht wieder durch die unmittelbare verdrängt worden ist, es sei denn, dass man es mit ganz ausnahmsweisen Bedingungen, d. h. besonders reinem und dabei leicht reducirbarem Erze zu thun gehabt habe:

Bei der mittelbaren Darstellung des Schmiedeisens, bei welcher zuvor Roheisen, d. h. also kohlehaltiges Eisen erzeugt und dieses durch einen zweiten Process der Entkohlung erst in Schmiedeisen umgewandelt werden soll, wird zwar auch das Eisenoxyd zuerst reducirt, aber der reducirte poröse Eisenschwamm findet ohne mit der Luft oder anderen oxydirenden Substanzen in Berührung zu kommen, ohne abgekühlt werden zu müssen, Gelegenheit, sich innerhalb einer reducirenden Atmosphäre zu

einer leicht schmelzbaren Kohlenstoffverbindung umzuwandeln, einer Verbindung, die zugleich mit den Gangarten und Zuschlägen (der Schlacke) schmilzt und sich in flüssigem Zustande leicht von jener sondert. Diese Sonderung der Gangarten geschieht nach dem directen Processe in einer besonderen Manipulation, bei welcher das reducirte poröse fast unschmelzbare Eisen sehr leicht heftiger Oxydation ausgesetzt ist. Das oxydirte Eisen ist aber für das Ausbringen verloren. Mit anderen Worten findet also die Scheidung der Gangarten vom Eisen beim directen Process auf Kosten der Quantität des Eisens statt, beim indirecten Process aber auf Kosten der Qualität; dort verliert man Eisen, hier nimmt das Eisen Kohlenstoff auf. Das verlorene Eisen bleibt verloren, den aufgenommenen Kohlenstoff kann man dagegen leicht durch den Frischprocess wieder entfernen. Die Sonderung wird beim indirecten Process, wo man es mit zwei flüssigen Substanzen zu thun hat, eine weit vollständigere sein, als beim directen, wo das Eisen höchstens teigig wird. Im ersteren Falle kommt auf gewisse Schwankungen im Temperaturgrade wenig an, im letzteren sehr viel, denn dort wird das Eisen nur mehr oder weniger gekohlt, mehr oder weniger frei von fremden Substanzen sein, hier wird jede Ueberschreitung der normalen Temperatur eine Sinterung und damit einen Eisenverlust, eine Verminderung derselben eine unvollständige Reduction, d. h. wieder einen Eisenverlust veranlassen. Der Gründe zum Temperaturwechseln innerhalb geringer Grenzen giebt es aber so viele, dass man in der Praxis ihrer nicht immer Herr bleiben kann. Ein Eisenverlust findet beim indirecten Process im Hohofen fast gar nicht statt, wohl aber beim Frischen. Hier erreicht er aber niemals denjenigen, welchen alle directen Methoden aufzuweisen haben, weil ein grosser Theil des oxydirten Eisens durch den Kohlenstoff wieder reducirt wird, wie dies bei Beschreibung des Frischprocesses näher erläutert werden wird und weil das flüssige Roheisen von Schlacke fast so lange bedeckt und umhüllt bleibt, bis die Entkohlung den richtigen Grad erreicht hat und das Eisen nur noch im teigigen Zustande existiren kann, während bei dem Schweissen des reducirten Eisens die Schlacke erst nach und nach flüssig wird und das niemals flüssige Eisen so lange unbedeckt der Einwirkung der Oxydation ausgesetzt ist.

Fasst man die Erfolge der beschriebenen älteren und neueren Rennarbeiten zusammen, so findet man, dass die Abscheidung der Gangarten auf zwei Weisen erfolgen kann.

1) Man stellt eine so flüssige Schlacke her, dass dieselbe bei einer Temperatur, welche nur wenig höher ist als die zu einer Reduction erforderliche, verhältnissmässig geringe Temperatur, schmelzbar ist. Dies ist bei allen älteren Rennarbeiten, sowohl im Heerde wie im Schachtofen, der Fall. Die Leichtflüssigkeit wird aber dabei durch Aufnahme von Eisenoxydul bedingt, ist also stets mit Eisenverlust verbunden. Das Schweissen findet dann in demselben Apparate statt, wobei die Schlacke

oxydirend auf den etwa aufgenommenen Kohlenstoffgehalt des Eisens wirkt.

2) Man reducirt erst bei niedriger Temperatur und scheidet dann bei höherer Temperatur die Gangarten ab. Dies ist das Princip der neueren Rennarbeiten. Hierbei werden zwei getrennte Apparate nöthig und der Eisenverlust findet theils in Folge unvollständiger Reduction, theils in Folge wieder eintretender Oxydation namentlich beim Schweissen statt; die Abscheidung der Schlacke ist eine sehr unvollkommene.

Unter den gewöhnlichen Verhältnissen hat hiernach weder die ältere noch die neuere Methode Aussicht auf Erfolg und Verbreitung. Wo reichlich sehr reine Erze vorkommen, die zugleich leicht reducirbar sind, oder da, wo man zwar nur Erze von mittlerer Güte haben kann, indessen wegen Reichthum an billig zu beschaffenden Erzen einen grossen Eisenverlust nicht zu scheuen braucht, da wird der Process noch Anwendung finden können; die Einfachheit und geringe Kostspieligkeit der erforderlichen Apparate wird ihn auch da noch geeignet erscheinen lassen, wo grössere Anlagen schwierig auszuführen sind, also in verhältnissmässig uncultivirten Gegenden.